Revue générale des Sciences

pures et appliquées

et Bulletin de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences

TOME LXI Septembre-Octobre 1954 Nos 9-10

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

CONFLUENCES SCIENTIFIQUES

L'effort accompli à Poitiers, au récent Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences (voir p. 208), fera se multiplier les prises de contact entre disciplines diverses. Plusieurs livres de ces derniers mois apportent eux-mêmes dans ce sens des thèmes de méditation.

D'abord, un regard vers la Philosophie des sciences ! Elle a beaucoup à tirer de l'histoire des confluences scientifiques. C'est ce que vient confirmer un livre plein d'attrait.

Raymond BAYER. — *Epistémologie et logique depuis Kant jusqu'à nos jours.* — Un vol de 370 p. 14 × 20. Coll. de Philosophie de la Matière. Presses Universitaires, Paris, 1954. Prix : 1.200 francs.

Après avoir précisé la position philosophique de Kant, liée à sa cosmogonie annonçant Laplace, l'auteur montre la filiation de Kant à Newton, dont il devient le disciple en s'écartant des vues abstraites de Leibniz et recherchant une vision « in concreto ». Dans le cortège ainsi ouvert, voici venir Laplace et son probabilisme, Cournot et ses aspirations vers une causalité lucide, pour atteindre bientôt les aspects comtiens du positivisme. Après un coup d'œil donné, chemin faisant, à Emile Boutroux, le champ de recherches s'élargit, autour de thèmes importants : le temps et l'évolution (2e partie), la logique (3e partie). La clarté de ces exposés les recommande à un large public.

Le probabilisme, à l'instant évoqué, s'est ramifié en suscitant des applications innombrables. On en trouve un exemple dans :

R. CAVÉ. — *Le contrôle statistique des fabrications.* — Un vol. 16 × 25 de 432 p., avec fig. et tables numériques. Eyrolles, Paris, 1954. Prix : 3.950 fr.

Préfacé par M. Georges Darmois, ce traité, œuvre d'un spécialiste qualifié, reprend d'abord les bases théoriques, puis examine successivement le contrôle en cours de fabrication, qui vise à raréfier les pièces mauvaises

par des soins d'ailleurs économisés, puis le choix optimum de l'effectif des échantillons à examiner, la fréquence des prélèvements, l'emploi de la méthode séquentielle ; ensuite le contrôle de réception (conformité du lot à livrer aux conditions du marché passé). Cela pose divers problèmes d'optimum, entre autres, le suivant : faudra-t-il juger sur un ou deux échantillons, ou sur information séquentielle ? L'auteur aboutit à des règles simples et éclaire certains aspects de la recherche industrielle. Du point de vue historique, il note que, dès 1764, l'artillerie française bénéficia d'idées voisines.

La vitalité des spéculations de ce genre les intègre aujourd'hui à l'enseignement courant. Témoin ce nouveau livre.

A. MONJALLON. — *Introduction à la méthode statique.* — Un vol. 16 × 25 de 280 p., avec tables, 2 fig., suivi d'un index. Paris, Vuibert, 1954. Prix : 2.000 francs.

Excellente initiation, rédigée sous forme accessible, dès le moment où est acquis le programme du baccalauréat. Après avoir montré comment on établit les statistiques et comment on en critique les résultats, l'auteur expose les méthodes qui conduisent à l'analyse d'une série statistique et fait ressortir les types classiques de lois statistiques. Il insiste sur la notion de corrélation et sur les principes de l'interprétation statistique. Un appendice met à la disposition du lecteur un appareil mathématique élargi. L'ensemble est des plus éducatifs.

Poursuivons notre route. Il n'est pas de domaine plus riche que l'Astronomie, en ce qui concerne les connexions avec d'autres sciences. Cette branche suscite toujours de nouveaux problèmes. Et beaucoup d'autres persistent, avec un intérêt qui ne faiblit pas.

Mais avant d'aborder des exemples élevés, il convient de rendre au grand public un hommage. Les mystères des astres lointains piquent souvent la curiosité des plus humbles. On assiste en foule aux séances de la Société française d'Astronomie. Pour cette raison, la radiodiffusion française a-t-elle organisé, en 1953, un cycle de trente-sept causeries qui, de semaine en semaine, se sont succédées au Poste National, dans les « Heures de culture française » chères à tant d'auditeurs. Consacrées aux principaux domaines de l'Astronomie contemporaine, elles s'appliquèrent à en donner une vue d'ensemble accessible, mais fidèle. Devant le succès remporté, les auteurs viennent de réunir les textes de ces exposés en un livre fort attrayant.

Paul COUDERC, J. C. PECKER, E. SCHATZMAN. — *L'Astronomie au jour le jour.* — Un vol. 16 × 25 de 152 j., avec 15 planches hors-texte. Gauthier-Villars, Paris, 1954. Prix : 700 francs.

Les causeries sont ici reproduites sans retouches. La grande simplicité atteinte en chacune d'elles n'exclut jamais la précision. Rien d'analogue n'existait jusqu'ici. Le lecteur se voit ouvrir une foule d'horizons, soit vers des étapes prochaines, soit vers des difficultés souvent laissées dans l'ombre. Dans cet esprit, sont passés en revue tous les constituants du système solaire, sans oublier la terre et son satellite, en délimitant nettement ce qu'on peut savoir

sur la constitution des planètes telluriques (Mercure, Vénus, Mars) et aussi bien des grosses planètes, des astéroïdes, des comètes, des météorites, enfin du soleil lui-même. On trouvera dans la suite le meilleur guide au sujet des étoiles et de leur classification, au sujet de notre galaxie, si complexe, considérée dans son ensemble ; enfin, au sujet des nébuleuses extra-galactiques, reconnues depuis peu comparables en taille à la précédente, et en cours d'étude cosmologique. Les croquis et planches terminant l'ouvrage donnent à l'intelligence du texte un sérieux appui.

Cette base de départ connaît déjà un crédit considérable. Et elle facilitera l'accès d'autres ouvrages où l'appareil mathématique joue un rôle. Je rappelle d'abord des problèmes astronomiques dont la difficulté mathématique maintient toujours, sans fléchissement, le prestige d'actualité.

On les rencontre dans la Mécanique céleste, fondée par Laplace, et que M. Maurice Janet a récemment évoqué, ici-même, dans ses aspects essentiels (1). Les thèmes de recherche y sont multiples, soit qu'on veuille perfectionner l'outillage mathématique étayant la théorie des perturbations, ce que fit dans sa thèse le regretté Directeur de l'Observatoire de Paris, Ernest Esclangon (membre de l'Institut depuis 1929), en développant la théorie des *fonctions quasi périodiques* ; soit qu'au lieu d'étudier en bloc les mouvements du soleil et des planètes (satellites y compris), on limite le problème à quelques-une d'entre elles ; ou encore, qu'on étudie la figure des planètes : sujet qui fut celui de la thèse du regretté Pierre Humbert, professeur à l'Université de Montpellier (par ailleurs, éminent historien des sciences).

Mais voici d'autres études tablant sur un matériel de faits plus large : elles concernent *l'astronomie stellaire*. On a pu juger de la richesse du sujet dans un récent exposé de M. Paul Couderc (2), à la suite duquel les traités de cosmographie, même assez récents, auront à revoir leurs données numériques.

La présente chronique va maintenant fournir, à proximité d'articles cités, et des trente-sept causeries radiophoniques ci-dessus commentées, de nouveaux éléments de documentation.

Voici d'abord un petit livre très maniable.

Jean Delhaye. — *Astronome à l'Observatoire de Paris. ASTRONOMIE STELLAIRE.* — Un in-16° de 212 p., avec 49 fig., un index. Collection Armand Colin, Paris, 1954. Prix : 250 francs.

Ce livre a pour but de compléter l'exposé des notions fondamentales de l'*Astronomie générale* et des résultats concernant le système solaire, exposé

---

(1) M. Janet. — Mécanique analytique et mécanique céleste. Problème des trois corps. Périhélie de Mercure, t. LX, n°s 11-12, p. 328.

(2) P. Couderc. — Du nouveau sur les échelles d'espace et de temps dans l'Univers, t. LX, n°s 5-6, p. 139.

et présenté dans la même collection par M. Luc Picart. Le thème choisi est la synthèse des études, assez récentes, faites au sujet de la répartition des étoiles dans l'espace et de leurs mouvements. Les ouvrages élémentaires ont depuis peu, sons l'influence de M. Danjon, consacré un chapitre plus substantiel à cet ensemble de questions. Mais cela n'épuise pas la curiosité légitime du public scientifique, lorsqu'elle se porte sur les procédés physiques d'observation et de détection, sur l'application des *méthodes statistiques* à l'ensemble des données ainsi recueillies et sur les conclusions qui s'en dégagent alors : il s'agit en définitive, d'atteindre par étapes la structure de l'univers et les modalités de son évolution. L'apport que l'astronomie reçoit à ces fins de sciences assez diverses, permet, par un juste retour, d'enrichir la physique nucléaire.

Ici, l'auteur a laissé de côté ce qui a trait à la constitution interne des étoiles et aux processus physiques dont ces astres et la matière cosmique (en général) peuvent être le siège : toutes choses réservées à un autre volume, consacré dans la même collection à l'astrophysique. Les développements les plus techniques de l'ouvrage restent d'ailleurs très accessibles, surtout avec l'appui du livre bien connu de M. Georges Darmois (statistique et applications) : et l'on parvient à se faire assez vite des idées nettes sur l'étude cinématique des mouvements stellaires, puis finalement sur la dynamique des systèmes d'étoiles, au besoin, extra-galactiques. Les praticiens eux-mêmes y trouvent un recueil de formules importantes et de données numériques.

Je termine par un exposé substantiel, complétant l'acquis du précédant..

Jean DUFAY, Directeur des Observatoires de Lyon et de la Haute-Provence. — *NÉBULEUSES GALACTIQUES ET MATIÈRE INTERSTELLAIRE.* — Un in-16 jésus de 496 p., avec de nombreuses figures et 24 planches hors-texte en héliogravure (Coll. Sciences d'Aujourd'hui), Albin Michel, Paris, 1954. Prix : 1.650 francs.

On trouve ici rassemblé tout un matériel de nombres et de calculs. On peut ainsi comprendre que les nuages très ténus, et aussi bien les minuscules grains solides, dont est parsemé l'espace interstellaire, réalisent au total une masse, fraction notable de celle que l'on trouve condensée dans les étoiles.

Avec ses éléments numériques, résultats d'observations nombreuses que permettent de coordonner entre eux des trames théoriques très diverses (synthèses quantiques du rayonnement, thermodynamique, optique des petites particules, lois de diffusion de la lumière), on apprend à mieux connaître la constitution de l'univers.

Dès le départ, un coup d'œil aux douze pages, très denses, de bibliographie faisant suite à l'ouvrage, attestera le caractère vivant de ce champ d'études, que l'auteur après une révision d'astrophysique, a subdivisé comme suit :

I. — Atomes et molécules dans l'espace.	Atomes autour des étoiles chaudes ; nébuleuses à spectres de raies brillantes. Excitation de ces raies. Physique des nébuleuses gazeuses. Excitation des atomes de l'espace, raies d'émission dans la Voie Lactée. Absorption sélective, raies interstellaires et nuages de gaz.
II. — Grains solides dans l'espace.	Les nébuleuses obscures. Absorption de la lumière vers le plan galactique. Epaisseur de la couche absorbante. Nébuleuses diffusantes. Analyse des particules diffusantes.

III. — Des atomes aux grains et des grains aux étoiles.	Formation des grains, globules et naissance des supergéantes. Matière dans les étoiles et matière diffuse, etc...
IV. — La matière diffuse hors de la Voie Lactée.	Caractères des galaxies extérieures : leur rencontre. L'espace intergalactique, etc...

Ce tableau suffit à évoquer les difficultés qui s'offraient pour résoudre les problèmes posés par l'équilibre entre les atomes et les grains, la formation et la destruction de ceux-ci, la naissance probable des étoiles supergéantes à partir de la condensation des nuages et même la dispersion de la matière interstellaire par la rencontre des galaxies. Et pour ne pas s'égarer, la spéculation a du solliciter l'appui continuel de techniques diverses : spectroscopie, photométrie, polarimétrie optique électronique, électricité. On verra que l'absorption avait faussé les valeurs attribuées aux distances des étoiles, et que, tout cela précisé, le diamètre équatorial de la Voie Lactée s'est révélé comparable à celui des autres spirales, dans le sens des indications de M. Paul Couderc.

Les ouvrages ci-dessus relatés mériteraient des études plus détaillées. Il est de l'intérêt de maint lecteur de les entreprendre, en donnant libre cours à ses tendances. J'ai voulu surtout citer des livres dont le rapprochement soit propice à des méditations utiles, en particulier chez ceux qui, aspirant à la recherche, se laisseraient peut-être entraîner trop vite vers d'arides abstractions, alors que des voies plus naturelles et plus fécondes peuvent s'ouvrir pour eux, à la confluence de deux domaines scientifiques.

G. Bouligand.

L'Histoire des Sciences Biologiques au XIVe Congrès International d'Histoire de la Médecine

(Rome-Salerne 1954)

Du 13 au 20 septembre 1954 s'est tenu en Italie, à Rome et à Salerne, le XIVe Congrès International d'Histoire de la Médecine.

Vu les relations étroites qui unissent la Biologie à la Médecine, il était inévitable qu'un certain nombre des communications de ce Congrès soient consacrées à des œuvres de biologistes et de naturalistes.

Nous relèverons tout d'abord ici les communications concernant la *Parasitologie*, branche de la Médecine qui intéresse aussi bien les zoologistes et les mycologues que les médecins :

1. Noriega Trigo M. (Rosario). — La fièvre jaune dans le Vénézuéla durant le XIXe siècle, observée par deux savants dans deux régions différentes. (Premières hypothèses sur le rôle des moustiques dans la transmission de cette maladie).

2. Ronchese F. (Providence). — Le Traité des maladies qu'il est dangereux de guérir, de Dominique Raymond, 1757. (Allusions à la teigne et à la gale).

3. Rodriguez E. C. (La Havane). — Finlay dans l'Histoire de la Médecine. (Découverte de la transmission de la fièvre jaune par les moustiques).

4. Piccini S. (Milan). — L'œuvre médico-sociale de Battista Grassi (1854-1925) pour le progrès de la civilisation et pour l'union entre les peuples.

5. La Cava (Milan). — Baptiste Grassi et son œuvre scientifique dans le centenaire de sa naissance. (Dans ces deux communications, il y a de nombreuses allusions aux découvertes parasitologiques de Grassi, médecin et zoologiste).

6. Martinez Duran C. (Guatémala). — Onchocercose ou maladie de Robles. Une entité pathologique découverte au Guatémala en 1915.

Dans le domaine des *Sciences Naturelles* (Zoologie, Botanique, Physiologie, etc...), on relève les communications suivantes :

7. Fulton J. (New Haven). — Les écrits scientifiques de Joseph Priestley .

8. Grmek Drazen M. (Zagreb). — Observations sur la vie, l'œuvre et l'importance historique de Georges Baglivi. (Observations de cet auteur qui vécut de 1668 à 1707, sur la tarentule et sa morsure).

9. Scapin F. (Sottomarina). — Les plantes médicinales dans l'herbarium, de Pierre-Antoine Michiel, et le commerce des drogues médicinales de Venise avec l'Orient.

10. Katner W. (Leipzig). — L'énigme du tarentulisme.

11. Munster L. (Bologne). — Médecins et naturalistes italien en Hongrie de 1526 à 1700, c'est-à-dire jusqu'à l'écroulement de l'Empire Turc.

12. Steudel J. (Bonn). — La tendance internationale des Ephémérides à l'Academia Naturæ Curiosorum.

13. Schullian D. (Cleveland), Belloni L. (Milan). — Dessins médiévaux des rapports entre le macrocosme et le microcosme.

14. Théodoridès J. (Paris). — Sur le 13e Livre du Traité d'Aetios d'Amida, médecin byzantin du VIe siècle. (Plus de la moitié de ce livre est consacrée aux animaux venimeux et aux plantes vénéneuses).

15. Feridun Nafiz Uzluk (Ankara). — Sur le remède de l'ipecacuanha chez Ali Munchi da Bursa (?-1734). (Etude de la plante médicinale *Radix ipeca*).

16. Del Guerra G. (Pise). — Une pierre milliaire dans l'histoire de la Physiologie de la respiration : Ludovic-Marie Barbieri.

17. Körbler J. (Zagreb). — Un traitement populaire du cancer en Croatie au XVIIIe siècle. (Emploi de Crustacés et d'autres animaux dans la pharmacopée populaire).

18. Benassi E. (Biella). — Aperçus d'Electrobiologie chez Scipione Maffei. (Cet auteur qui vécut de 1675 à 1755 a laissé une importante contribution en Sciences Naturelles).

19. Carta F. (Rome). — Frédéric Cesi, botaniste et ses « Tabulæ phytisophicæ ».

20. Lowenthal Z. (Belgrade). — La contribution des médecins yougoslaves aux Sciences Naturelles.

Ainsi, sur environ 215 communications présentées à ce Congrès, une vingtaine, soit un dixième, concernent les sciences biologiques.

Les titres ci-dessus sont donnés d'après l'édition en français des « Résumés des communications » (122 pages ronéotypées) ; il va de soi que chacun de ces travaux sera imprimé intégralement dans le volume du Congrès, dans une des langues officielles de ce dernier.

L'impression du volume pouvant demander un certain temps, nous avons cru opportun de signaler dès à présent aux lecteurs de cette revue l'essentiel de ce qui concernait l'histoire des Sciences biologiques.

J. Théodoridès.

UNE QUESTION DE MÉCANIQUE HUMAINE

En général, par sa destination même, la Revue délaisse les problèmes de concours. En voici un cependant, proposé cette année à l'agrégation féminine et où il s'agit de déterminer le mouvement d'un individu dans un but de performance sportive. Des articles anglais, cités p.266, avaient abordé la question du point de vue ordinairement admis dans l'étude du pendule de longueur variable, où le temps a rôle de variable indépendante. Le sujet est ici rajeuni par l'adoption de ce postulat plus réaliste : l'enfant règle ses mouvements sur des repères géométriques. D'où une nouvelle conception du problème, où culmine la relation (II), p. 268 commandant aux aspects les plus essentiels du mouvement. L'intérêt scientifique qui s'attache au texte ci-dessous et aux remarques dont son auteur déduit la solution ne manquera pas d'intéresser un large public.

G. BOULIGAND

QUELQUES REMARQUES SUR LE PROBLÈME DE LA BALANÇOIRE

par M. L. DUBREIL-JACOTIN

MÉCANIQUE RATIONNELLE

Un enfant E se balance « debout » sur une balançoire constituée par une nacelle indéformable mobile autour d'un axe horizontal. Pour amplifier les oscillations, E s'accroupit et se redresse sans que son centre de gravité sorte du plan déterminé par l'axe et le centre de gravité G du système, ni d'un plan vertical fixe V perpendiculaire à cet axe (plan de symétrie).

***

1° E étant supposé s'accroupir instantanément à l'élongation maximum et se redresser instantanément au passage à la verticale, montrer par applications du théorème de la force vive entre les instants de deux passages consécutifs à la verticale, instants pour lesquels on suppose E encore accroupi et au repos par rapport à la balançoire, que E amplifie ainsi les oscillations.

***

On assimile, pour simplifier, le système formé par la balançoire et l'enfant à un pendule simple de longueur variable constitué par une tige OA, sans masse, mobile autour de O dans le plan vertical fixe V et portant un point matériel G de masse m qui peut se déplacer par ses propres moyens sur OA. La distance OG $= l$ est une fonction uniforme du temps qui varie entre L (pour E debout) et L $+ h$ (pour E accroupi). L'angle orienté θ de l'axe vertical Oz, dirigé vers le bas, avec OA est une fonction uniforme de t qui varie entre $-\theta_0$ (valeur à l'instant initial t_0 pour lequel la vitesse angulaire $\frac{d\theta}{dt}$ est supposée nulle) et des extréma successifs θ_1, $-\theta_2$, ..., $(-1)^{i+1}\theta_i$, ..., se produisant aux instants t_1, t_2, ..., t_i, ... (on ne poursuivra pas

l'étude du problème après l'instant éventuel où le mouvement deviendrait révolutif). La longueur l est par suite une fonction multiforme de θ ; dans la mesure de ses possibilités physiques, E essaie de réaliser la coïncidence de l avec la fonction multiforme de θ telle que les θ_i, dans les conditions particulières que nous envisageons, soient les plus grands possibles. On appellera $l_i(\theta)$ la détermination de l qui correspond à l'intervalle de temps (t_i, t_{i+1}).

***

2° Montrer que $\frac{d\theta}{dt}$ est donnée par :

$$\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = \frac{2g}{l^4(\theta)} \text{ I}$$

où I est une intégrale dont on précisera la forme. En déduire un procédé permettant de déterminer θ_{i+1} en fonction de θ_i.

Montrer, en particulier, que, si l'on utilise dans ce calcul une fonction bornée l pouvant admettre des discontinuités isolées, celle envisagée dans 1° donne, pour chaque θ_j, la valeur la plus grande possible θ_j^0. Calculer les θ_j^0 et examiner si E parvient ainsi à un mouvement révolutif.

3° On se propose de tenir compte du fait que, à la verticale, E ne peut se redresser instantanément. On suppose qu'aux extréma l'accroupissement reste instantané ou, ce qui revient au même, est réalisé pendant qu'un autre enfant E′ maintient la balançoire immobile.

On considère la fonction multiforme $f(\theta)$ dont les deux déterminations sont données par :

$$f_0(\theta) = \text{L} + h \quad \text{pour} \quad -\pi < \theta < \eta - \frac{\omega}{2},$$

$$f_0(\theta) = \lambda(\theta) \quad \text{pour} \quad \eta - \frac{\omega}{2} \leq \theta \leq \eta + \frac{\omega}{2},$$

$$f_0(\theta) = \text{L} \quad \text{pour} \quad \eta + \frac{\omega}{2} < \theta < \pi,$$

$$\text{et } f_1(\theta) = f_0(-\theta) ;$$

ω est l'angle « petit » dans lequel E se redresse ($0 < \omega < \theta_0$), η un nombre arbitraire du segment $\left[-\frac{\omega}{2}, \frac{\omega}{2}\right]$ et $\lambda(\theta)$ une fonction monotone non croissante, deux fois dérivable, telle que :

$$\lambda\left(\eta - \frac{\omega}{2}\right) = \text{L} + h, \quad \lambda\left(\eta + \frac{\omega}{2}\right) = \text{L},$$

$$\lambda'\left(\eta - \frac{\omega}{2}\right) = \lambda'\left(\eta + \frac{\omega}{2}\right) = 0.$$

Montrer que si $l_0(\theta)$ coïncide avec $f_0(\theta)$ à partir de $-\theta_0$, la valeur trouvée θ_1^1 pour θ_1 est liée à θ_1^0 par :

$$\sin^2\frac{\theta_1^1}{2} = \sin^2\frac{\theta_1^0}{2} - \text{D}_1$$

où D_1 ne dépend pas de θ_0, est positif et admet un majorant de l'ordre de ω^2.

Les valeurs θ_j^1 que l'on obtient de même pour les θ_j lorsque $l_j(\theta)$ coïncide, sur les intervalles correspondants, avec f_0 pour j pair et f_1 pour j impair forment-elles une suite croissante et le mouvement révolutif peut-il être atteint ?

Que se passe-t-il si l'on admet que les possibilités physiques de E ne lui permettent pas de se redresser pendant un temps plus court qu'une valeur limite τ ?

***

4° On cherche maintenant à diminuer D_1.

a. Montrer que si l'on prend pour $\lambda(\theta)$ la racine cubique du polynôme de plus petit degré égal à $(\text{L} + h)^3$ pour $\theta = \eta - \frac{\omega}{2}$ et à L^3 pour $\theta = \eta + \frac{\omega}{2}$ et dont la dérivée

est nulle pour ces deux valeurs, il existe une valeur unique $\bar{\eta}$ de η telle que D_1 soit le plus petit possible.

b. Plus généralement, soit $\bar{\lambda}(u)$ une fonction monotone deux fois dérivable telle que :

$$\bar{\lambda}(0) = L + h, \quad \bar{\lambda}(\omega) = L, \quad \bar{\lambda}'(0) = \bar{\lambda}'(\omega) = 0.$$

Montrer que si l'on prend, dans f, $\lambda(\theta) = \bar{\lambda}\left(\theta - \eta + \frac{\omega}{2}\right)$ il existe une valeur unique $\bar{\eta}$ de η appartenant au segment $\left[-\frac{\omega}{2}, -\frac{\omega}{2}\right]$ et telle que D_1 soit le plus petit possible.

***

5° On tient compte aussi, maintenant, du fait que l'accroupissement aux extréma n'est plus instantané mais s'accomplit pendant le mouvement ; en supposant qu'il a lieu à partir des extréma dans des angles d'amplitude constante ξ, comment étudier les extréma successifs ? et que peut-on dire d'eux ?

Il est bien connu que, lorsque l'on regarde un enfant se balancer « debout », on le voit s'abaisser aux élongations maxima et se redresser à la verticale. Si l'on fait abstraction des frottements et de la résistance de l'air et si l'on suppose que l'accroupissement et le redressement sont instantanés, on sait (1) que l'on peut justifier les mouvements de l'enfant de la manière suivante. Entre deux passages consécutifs à la verticale, l'enfant n'étant pas encore redressé à l'aller et étant encore accroupi au retour, le travail de la pesanteur pour tout le système est nul et la variation de force-vive est due seulement au travail de l'enfant. Pour montrer que ce travail est positif, on l'évalue en appliquant le théorème de la force-vive, entre les mêmes instants, au mouvement relatif de l'enfant par rapport à la balançoire : la force-vive est nulle aux deux instants considérés et il y a lieu de tenir compte seulement, en plus du travail de l'enfant, du travail de la pesanteur et du travail des forces d'inertie, tous deux négatifs.

Pour calculer les élongations maxima successives, pour voir si le mouvement révolutif peut être atteint (on suppose les filins rigides) et pour tenir compte ultérieurement du fait que l'accroupissement et le redressement ne sont pas instantanés, nous assimilerons, comme F. H. Northover et B. Thwaites, la balançoire et l'enfant à un pendule simple de masse m et de longueur l variable entre L (correspondant à la position debout) et $L + h$ (quand l'enfant est accroupi) (2) et dont la position à chaque instant est repérée par l'angle θ de la

(1) Voir par exemple Béghin, *Cours de Mécanique*, p. 000. — Cet exercice et les deux notes « The problem of the swing » dans la *Mathematical Gazette*, 1950, de F. H. Northover (pp. 86-89) et B. Thwaites (pp. 89-93) sont à l'origine des remarques qui suivent et qui m'ont conduit à l'élaboration de l'énoncé reproduit ci-dessus.

(2) Naturellement, avec des mouvements de ce type, l'enfant ne peut pas faire démarrer la balançoire, il peut seulement, éventuellement, amplifier des oscillations déjà établies ; voir par exemple A. Liebetegger, *Mathem. Gazette*, 1950, pp. 84-86. La méthode que nous développerons ici peut se généraliser au cas d'un mouvement à deux liaisons d'asservissement, la seconde liaison donnant l'angle de l'enfant supposé rectiligne avec le plan des filins. On obtient encore une relation du type II, mais plus compliquée à discuter.

verticale descendante issue du point fixe avec le pendule. Nous désignerons par $(-1)^{i+1}\,\theta_i$, $(\theta_i > 0)$, les amplitudes des élongations maximum successives. Entre la i^{me} amplitude maximum et le passage à la verticale, et entre le passage à la verticale et la $(i+1)^{me}$ amplitude maximum, la longueur du pendule est constante ; en appliquant le théorème de la force-vive à ces deux phases du mouvement et le théorème du moment de la quantité de mouvement pendant le passage à la verticale, on a immédiatement :

$$\sin^2 \frac{\theta_{i+1}}{2} = C \sin^2 \frac{\theta_i}{2} \qquad (1)$$

avec $C = \left(\frac{L+h}{L}\right)^3 > 1$, ce qui montre que les oscillations successives vont en croissant. NORTHOVER a évalué l'ordre de grandeur de l'énergie fournie par l'enfant lorsque le temps T pendant lequel il se baisse ou se redresse est petit mais non infiniment petit, et montré qu'elle augmente lorsque T tend vers zéro, et qu'il en résulte des limitations à l'accroissement des oscillations successives.

Utilisant l'équation classique du pendule de longueur variable [1] :

$$2\,\frac{dl}{dt}\cdot\frac{d\theta}{dt} + l\,\frac{d^2\theta}{dt^2} + g \sin\theta = 0 \qquad (I)$$

B. THWAITES en déduit la relation :

$$l\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 - 2\,g\,(\cos\theta - \cos\theta_0) + 3\int_{\theta_0}^{\theta} \frac{dl}{d\theta}\cdot\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 d\theta = 0$$

qu'il utilise pour discuter le cas où l'on aurait :

$$\frac{1}{g}\,\frac{dl}{d\theta}\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = k_n \sin\theta\,(\cos\theta - \cos\theta_0)^n$$

Je voudrais indiquer ici brièvement une autre transformation de l'équation (I) et les conséquences que l'on peut en tirer pour le but « sportif » de déterminer la liaison d'asservissement $l(\theta)$, fonction multiforme de θ, de manière à obtenir. dans la limite des possibilités physiques de l'enfant, un accroissement des oscillations aussi bon que possible. (On traiterait naturellement d'une manière analogue la recherche d'un amortissement aussi satisfaisant que possible).

L'équation (I) ne contenant pas explicitement le temps, on sait que l'on peut intégrer en prenant $\frac{d\theta}{dt}$ comme fonction inconnue et

(1) Voir par exemple L. LECORNU, *Mémoire sur le pendule de longueur variable*, dans *Acta Mathematica*, 1895, pp. 201-250. Dans ce travail, l est une fonction monotone du temps, en particulier $l = at + b$.

θ comme variable. Il vient :

$$\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = (-1)^{i+1} \frac{2g}{l^4} \int_{(-1)^{i+1}\theta_i}^{\theta} l_i^3 \sin\theta \, d\theta = H_i(\theta) \quad (\theta_i > 0) \quad \text{(II)}$$

entre les instants qui correspondent aux passages à la i^{me} et à la $(i+1)^{me}$ élongation maximum. θ^{i+1} est donné en fonction de θ_i par :

$$\int_{(-1)^{i+1}\theta_i}^{(-1)^i \theta_{i+1}} l_i^3 \sin\theta \, d\theta = 0 \qquad \text{(III)}$$

et *il faut déterminer la branche* $l_i(\theta)$ *pour que* θ^{i+1} *soit le plus grand possible.* Il est évident que le cas le plus favorable est celui où l'on a $l_i(\theta) = L + h$ pour $\theta \varepsilon [(-1)^{i+1}\theta_i, 0]$ et $l_i(\theta) = L$ pour $\theta \varepsilon (0, (-1)^i \pi)$. L'intégration donne alors pour θ_{i+1} la meilleure valeur possible qui est celle fournie par (1).

Tenons compte du fait que l'enfant se redresse dans un petit angle d'amplitude ω au voisinage de la verticale : $\left((-1)^i (\eta - \frac{\omega}{2}, \eta + \frac{\omega}{2}\right)$ avec $|\eta| \leq \frac{\omega}{2}$, $0 < \omega < \theta_0$. Appelons $\lambda(\theta)$ une fonction monotone non croissante deux fois dérivable et telle que :

$$\lambda\left(\eta - \frac{\omega}{2}\right) = L + h, \quad \lambda\left(\eta + \frac{\omega}{2}\right) = L,$$

$$\lambda'\left(\eta - \frac{\omega}{2}\right) = \lambda'\left(\eta + \frac{\omega}{2}\right) = 0$$

et portons dans (III) pour un indice pair (pour un indice impair, on prendrait $\bar{\lambda}(\theta) = \lambda(-\theta)$), $l = L + h$ pour $(-1)^{i+1}\theta_{2i} \leq \theta \leq \eta - \frac{\omega}{2}$ $l = \lambda(\theta)$ dans $\left(\eta - \frac{\omega}{2}, \eta + \frac{\omega}{2}\right)$ et $l = L$ pour $\theta > \eta + \frac{\omega}{2}$; on obtient alors sans peine :

$$\sin^2 \frac{\theta_{2i+1}}{2} = C \sin^2 \frac{\theta_{2i}}{2} - D \qquad (2)$$

avec, que l'indice soit pair ou non :

$$D = \frac{1}{2 L^3} \int_{\eta - \frac{\omega}{2}}^{\eta + \frac{\omega}{2}} \left\{ \lambda^3(\theta) - (L+h)^3 C_{\left[\eta + \frac{\omega}{2},\, 0\right]} - L^3 C_{\left[0,\, \eta + \frac{\omega}{2}\right]} \right\} \sin\theta \, d\theta$$

où $C_{[a,b]}$ est la fonction caractéristique du segment $[a, b]$: $C_{[a,b]}(x) = 1$ si $x \varepsilon [a, b]$, $C_{[b,a]}(x) = 0$ si x n'appartient pas à $[a, b]$.

Le terme correctif D est indépendant de l'indice i, il est positif et majoré par $\frac{C}{2}\omega^2$.

On a par suite :

$$\sin^2\frac{\theta_i}{2} = C^i \sin^2\frac{\theta_0}{2} - D\,\frac{C^i - 1}{C - 1}$$
$$= C^i\left(\sin^2\frac{\theta_0}{2} - \frac{D}{C-1}\right) + \frac{D}{C-1}$$

Si ω est assez petit pour que D soit assez petit pour que $\sin^2\frac{\theta_1}{2} > \sin^2\frac{\theta_0}{2}$ (c'est-à-dire pour que $\sin^2\frac{\theta_0}{2} - \frac{D}{C-1} > 0$), les élongations maxima successives s'amplifient constamment.

En résumé, si l'on ne tient pas compte du fait que l'on ne s'accroupit pas instantanément aux élongations maxima (ce qui revient à raisonner comme si un autre enfant maintenait la balançoire immobile quand elle est à ces élongations maximum le temps que l'enfant s'accroupit), et pourvu que l'enfant se redresse dans un même angle d'amplitude assez petit autour de la verticale suivant une même loi $\lambda(\theta)$ arbitraire, mais monotone de $L + h$ à L, les élongations maxima augmentent jusqu'au mouvement révolutif.

Naturellement, le temps mis par le redressement :

$$T_i = \int_{\eta - \frac{\omega}{2}}^{\eta + \frac{\omega}{2}} \frac{d\theta}{H_i(\theta)}$$

diminue lorsque i croit puisque (II) donne immédiatement, dans l'angle de redressement :

$$H_{i+2}(\theta) = H_i(\theta) + \frac{4g}{\lambda^4(\theta)}(L + h)^3\left(\sin^2\frac{\theta_{i+2}}{2} - \sin^2\frac{\theta_i}{2}\right)$$

Quant au travail fourni par l'enfant, il augmente aussi. Le théorème de la force-vive appliqué à l'enfant dans son mouvement relatif par rapport à la balançoire entre les instants qui précèdent et suivent le i^{me} redressement donne en effet :

travail fourni par l'enfant ;
+ travail de la pesanteur ;
+ travail des forces d'inertie = 0.

Or, le travail de la pesanteur est indépendant de i, et le travail des forces d'inertie est au signe près :

$$m\int_{\eta - \frac{\omega}{2}}^{\eta + \frac{\omega}{2}} H_i(\theta)\,\lambda(\theta)\,\lambda'(\theta)\,d\theta$$

La donnée des possibilités physiques de l'enfant et des caractéristiques m, L, h du système permet donc de déterminer si l'enfant peut atteindre le mouvement révolutif, si non son élongation maximum, et en combien d'oscillations, il peut les atteindre.

Signalons encore (propriété qui m'a été suggérée par J. Arbault) que, l'angle ω étant donné et la loi de redressement $\lambda(\theta)$ définie à une translation près, il existe pour η une valeur et une seule du segment $\left[-\frac{\omega}{2}, +\frac{\omega}{2}\right]$ qui rende D minimum, autrement dit il existe dans ces conditions un endroit optimum pour commencer à se redresser. En effet, soit $\bar{\lambda}(u)$ une fonction arbitraire telle que $\bar{\lambda}(0) = L + h$, $\bar{\lambda}(\omega) = L$, $\bar{\lambda}'(0) = \bar{\lambda}'(\omega) = 0$ et prenons $\lambda(\theta) = \bar{\lambda}\left(\theta - \eta + \frac{\omega}{2}\right)$; on a :

$$D = \int_0^\omega \bar{\lambda}(u) \sin\left(u + \eta - \frac{\omega}{2}\right) du + (L + h)^3 \left[1 - \cos\left(\eta - \frac{\omega}{2}\right)\right]$$

$$+ L^3 \left[\cos\left(\eta + \frac{\omega}{2}\right) - 1\right] = A \cos \eta + B \sin \eta + K$$

où A, B et K ne dépendent pas de η.

Mais $\frac{dD}{d\eta}$ s'annule au plus une fois dans le segment $\left[-\frac{\omega}{2}, \frac{\omega}{2}\right]$ et comme :

$$\frac{dD(-\omega/2)}{d\eta} = \int_0^\omega \bar{\lambda}(u) \cos(u - \omega) du - \sin \omega \, (L + h)^3 < 0$$

$$\frac{dD(\omega/2)}{d\eta} = \int_0^\omega \bar{\lambda}(u) \cos u \, du - L^3 \sin \omega > 0$$

D a bien une valeur minimum pour une valeur unique de η.

Tenons compte aussi maintenant du fait que l'enfant s'accroupit dans un angle d'amplitude ξ petite mais non nulle aussitôt après son arrivée aux élongations maximum. L'équation (1) est remplacée cette fois par :

$$\sin^2 \frac{\theta_{i+1}}{2} = C \sin^2 \frac{\theta_i}{2} - D - D_i^*$$

avec :

$$D_i^* = \frac{1}{2 L^3} \int_0^\xi [(L + h)^3 - \lambda^{*3} (\theta_i - u)] \sin (\theta_i - u) \, du$$

où $\lambda^*(\theta)$ est une fonction continuement dérivable et monotone, entre θ_i et $\theta_i - \xi$ avec $\lambda^*(\theta_i) = L$, $\lambda^*(\theta_i - \xi) = L + h$, $\lambda^{*\prime}(\theta_i - \xi) = 0$.

Le terme D_i^* est de la forme $A \sin \theta_i - B \cos \theta_i$ avec :

$$\frac{(L+h)^3 - L^3}{2 L^3} \sin \xi < A < \frac{(L+h)^3}{2 L^3} \sin \xi ;$$

$$\frac{(L+h)^3 - L^3}{L^3} \sin^2 \frac{\xi}{2} < B < \frac{(L+h)}{L^3} \sin^2 \frac{\xi}{2}$$

D_i^* dépend donc de i et est positif. En prenant $\xi = \xi^*$ assez petit, la différence :

$$\sin^2 \frac{\theta_1}{2} - \sin^2 \frac{\theta_0}{2} = (C-1) \sin^2 \frac{\theta_0}{2} - D - D_0^*$$

est positive. Mais la fonction :

$$Y = -\left(B + \frac{C-1}{2}\right) \cos X - A \sin X + \frac{C-1}{2} - D$$

a sa dérivée négative pour $X = 0$ et positive pour $\operatorname{tg} X > \dfrac{A}{\dfrac{C-1}{2}+B}$.

Dans l'intervalle $(0, \pi)$, Y commence par décroître, puis croît. Comme, pour $X = 0$, $Y = -D - B < 0$ et pour $X = \theta_0$, Y est positif, Y croît sûrement à partir de θ_0 et, ξ étant choisi comme il a été dit, les amplitudes des élongations maximum vont encore constamment en croissant.

Il reste naturellement à examiner si les possibilités physiques de l'enfant lui permettent d'établir et de maintenir cette liaison. Mais ici l'enfant n'a pas à fournir de travail pour lutter contre les forces d'inertie et le travail de la pesanteur est positif tant que $\theta_i < \dfrac{\pi}{2}$. Quand la balançoire dépasse l'horizontale, il faut naturellement supposer soit que l'enfant peut s'accroupir grâce aux muscles de ses bras et à l'action de ses mains tenant les tiges de la balançoire, soit grâce aux muscles de ses jambes si ses pieds peuvent se fixer au plancher de la balançoire. Comme les forces d'inertie sont faibles puisque l'accroupissement commence à un moment où $\dfrac{d\theta}{dt} = 0$ et comme d'autre part le travail de la pesanteur n'est pas supérieur à celui fourni au cours du redressement au point le plus bas, c'est essentiellement, en ce qui concerne le mouvement aux élongations maximum, la question du temps de l'accroupissement qui pourrait limiter l'amplification. Là aussi les conditions sont plus favorables qu'à la verticale, puisque l'on part d'un instant où $\dfrac{d\theta}{dt} = 0$. Mais ceci est compensé par le fait que D^* étant du premier ordre en ξ (alors que D était du deuxième ordre en ω), ξ^* devra être très petit pour que les amplifications aient lieu, et c'est encore la donnée de m, L, h et des possibilités physiques de l'enfant qui permet de décider dans chaque cas ce que celui-ci peut réaliser effectivement.

M.-L. DUBREIL-JACOTIN

LES CHEMINS PAR LESQUELS AVANCENT LES SCIENCES (1)

par A. CHATELET.

Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Paris,
Président de l'A. F. A. S.

... ce sont, comme chacun sait, des chemins souvent hasardeux, des routes abordées obscurément, des sentiers qui semblent se révéler sans issue, des tâtonnements au milieu des ombres. Mais c'est aussi, parfois au hasard d'une mince éclaircie, parfois après de minitieux et méthodiques travaux d'approche, toujours au prix des efforts accumulés d'innombrables ouvriers anonymes, c'est la découverte d'une voie royale qui ouvre de nouvelles et splendides perspectives, qui promet à notre soif de savoir, de nouvelles explications, de nouvelles vérités, qui fait espérer de nouvelles réalisations, de nouveaux progrès. Et puis, l'horizon se referme, on ne voit plus au loin, on retourne parfois en arrière, certains regrettent le passé où tout semblait si beau ; dans l'ombre d'un nouveau crépuscule, les ouvriers, savants illustres ou manœuvres obscures, recommencent le même travail de taupes, en espérant, en attendant un nouveau bond en avant, un nouvel éclair de génie, de nouvelles visions d'avenir.

Les sciences d'observation en donnent des exemples nombreux et presque triviaux. En chimie, par exemple, de la recherche de la pierre philosophale à la fusion des noyaux, qui ne peut citer les étapes, les succès resplendissants mais aussi les vérités qui deviennent moins vraies ; les doctrines les plus certaines, les théories les plus compréhensives qui s'effacent devant de meilleures doctrines ou des théories plus larges. Le phlogistique est remplacé par la combinaison des corps simples, ces corps simples se révèlent composés, la conservation de la masse devient celle de l'énergie, aux équivalents se substitutent les masses atomiques ; les affinités apparaissent comme des chaleurs de combustion, la radioactivité qui semblait un mystérieux phénomène naturel est maintenant un outil manié artificiellement par les hommes, mais hélas aussi par les gouvernements.

---

(1) Extrait de l'allocution prononcée à la séance d'ouverture du LXXIIIe Congrès de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, Poitiers, 16 juillet 1954.

Il serait peut-être plus facile encore de parler de biologie ou de médecine, de la génération spontanée, vérité d'avant-hier, erreur d'hier, dont on peut hésiter à dire ce qu'elle sera demain.

Il est peut-être moins habituel de citer les variations de la mathématique. Cependant, un savant multiforme, connu universellement sous un nom anonyme issu d'une fantaisie normalienne, terminait ces mois derniers une préface, en affirmant :

« Voici vingt siècles que les Mathématiques ont l'habitude de corriger leurs erreurs et d'en voir leur Science enrichie, non appauvrie, cela leur donne le droit d'envisager l'avenir avec sérénité ».

Je vous demande d'adopter cette sérénité pour suivre avec moi pendant quelques minutes un des chemins de cette Mathématique. Beaucoup pensent que les routes de cette science sont réservées aux initiés, ceux qui savent les mots mystérieux qui en ouvrent les accès ; ceux qui ont les clefs, qui parfois même ferment ces accès aux anciens initiés vieillis, qui ne savent pas les nouveaux mots.

Je m'efforcerai de n'employer que des mots sans mystère, de ceux qu'on croit utile d'apprendre aux enfants et aux candidats au baccalauréat. Et puis, je tacherai que notre chemin nous ménage quelques distractions extérieures.

Malgré de multiples recherches à travers les textes qui nous restent des géomètres grecs, il n'est pas possible de rétablir avec une certitude qualifiée historique, l'évolution ou l'avancement de leurs connaissances. Il faut donc compléter l'histoire, approximativement vraie, par quelques hypothèses vraisemblables.

Il semble qu'avant l'ère pythagoricienne, les Grecs savaient se servir des nombres entiers ; ils savaient les additionner, les comparer, les soustraire dans le bon sens, le plus petit du plus grand, les multiplier. Ils savaient sans doute les concevoir dans leur construction sans fin, qui fait que tout nombre entier a un suivant et que des qualités, comme la commutativité de la multiplication, sont indéfiniment vérifiées. Ils savaient aussi se servir des fractions et, probablement, leur conception n'était pas très éloignée de la définition que nous avons tous plus ou moins appris dans l'école primaire de notre siècle ou de la fin du précédent :

Une fraction est une ou plusieurs parties de l'unité, divisée en parties égales.

L'unité, c'était pour les Grecs un segment de droite ; ils savaient le multiplier par une fraction, ou si vous préférez, en prendre cette fraction, ceci par une construction bien connue, dite du théorème de Thalès. Cette construction a-t-elle une réciproque ? Deux segments de droite, tracés au hasard, auront-ils un rapport

qui est une fraction ? Autrement dit, peut-on leur trouver une commune mesure, c'est-à-dire un segment, suffisamment petit, qui sera contenu un nombre exact de fois dans chacun d'eux, par exemple 13 dans le plus petit et 22 dans le plus grand, en sorte que ce plus grand sera obtenu en prenant les 22 treizièmes du plus petit ?

Il semble que les Grecs aient cru assez longtemps à cette possibilité. M. Léon Brunschwig, exposant la doctrine pythagoricienne écrit : « *non seulement toutes choses possédaient des nombres, mais encore toutes choses étaient des nombres* ». On pourrait d'ailleurs voir une sorte de résurrection de cette croyance, dans la notion des quanta d'énergie. Deux énergies étant formées chacune d'un nombre entier de quanta, leur rapport est une fraction, qui a pour termes ces nombres entiers, très grands sans doute mais entiers.

Cependant les Grecs savaient aussi faire des constructions géométriques en utilisant le compas et la règle, par des intersections de droites, et de circonférences de cercles, en supposant que les tracés en étaient sans épaisseur. C'est ainsi qu'ils avaient résolu un petit problème géométrique que ferait d'ailleurs en se jouant un élève de nos classes de 3e :

On trace un carré et on propose de construire, sur un de ses côtés, un rectangle de telle façon qu'ajouté au carré, il forme un autre rectangle qui lui soit semblable. Par semblable, vous pouvez entendre, par exemple, que les angles des diagonales sont égaux dans les deux rectangles.

Les deux rectangles ainsi construits ont des proportions qui plaisent à l'œil ou sont harmonieuses, dirait un critique d'art. De tout temps, les architectes et même certains peintres ont plus ou moins cherché à les réaliser dans les dimensions de leurs édifices ou dans la construction des dessins de leurs tableaux. C'est ainsi qu'est réalisé, dans la verrière de la crucifixion de la Cathédrale Saint-Pierre de Poitiers, le rectangle qui encadre la croix. La droite qui suit à peu près les bras du Christ, partage le rectangle d'encadrement en un carré en dessous et un rectangle au-dessus, qui est bien semblable au rectangle primitif. Si vous faites tourner ce 2e rectangle d'un angle droit, ses diagonales deviennent parallèles à celles du premier.

Les mêmes proportions se retrouvent à peu près avec des rectangles, placés verticalement ou horizontalement, à la façade de Notre-Dame la Grande, aux étages de l'église Saint-Porchaire, au portail de la cathédrale Saint-Pierre, même dans la cheminée de cette salle, et bien entendu dans de nombreux monuments de tous les siècles.

Revenons à la construction géométrique : le 2e rectangle étant semblable au 1er, est à son tour formé d'un carré et d'un 3e rectangle qui lui est semblable et qui est par suite aussi semblable au 1er. On peut recommencer sur un 3e rectangle et ainsi de suite. Nos modernes journalistes diraient sans doute que c'est une construction *en chaîne* de rectangles de plus en plus petits, mais toujours semblables au premier.

Peut-on, comme l'auraient voulu les anciens grecs, calculer le *rapport de leurs côtés* qui doit être le même pour tous. Ou bien encore existe-t-il une commune mesure qui soit contenue un nombre entier de fois dans le grand côté et dans le petit côté du 1er rectangle ? S'il en était ainsi, cette commune mesure serait contenue un nombre entier de fois dans leur différence qui est le petit côté du 2e rectangle. En suivant la chaîne des constructions, elle le serait dans les côtés des rectangles successifs. Mais ces côtés sont de plus en plus petits : les lignes et les points sont sans épaisseurs, il n'y a pas de quanta, la commune mesure serait un segment plus petit que tout segment donné, son existence est impossible ou *absurde* ; il n'y a pas de fraction qui représente le rapport des côtés des rectangles.

Et cependant, pour paraphraser un mot historique, ce rapport existe. Il existe si la géométrie existe, car si je trace un segment quelconque, il sera toujours possible de construire avec lui un rectangle semblable à tous les rectangles de la chaîne ; il est possible de multiplier n'importe quel segment par ce rapport.

Les philosophes et les géomètres ont exprimé cette forme d'existence, en disant que ce rapport est un *nombre géométrique*, alors que les fractions sont des *nombres arithmétiques*. Ils ont traduit son inexistence en l'appelant nombre *irrationnel* ou *non rationnel*, c'est-à-dire, contraire à notre raison, ou plus exactement, à leur raison. Ils ont sans doute exprimé ses propriétés mystérieuses ou esthétiques en l'appelant le *nombre d'or*.

Je ne m'étendrai pas sur les propriétés de ce nombre d'or, il s'exprime avec la racine carrée du nombre 5 ; il permet de construire le pentagone et le décagone réguliers, mais il a aussi des qualités plus cachées qui sont encore des mystères de l'arithmétique moderne.

J'ai peut-être échafaudé un roman dont me sauraient sans doute gré les esthéticiens, en imaginant que le nombre d'or est le premier nombre géométrique ou irrationnel, trouvé par les Grecs. Ils en connaissaient bien d'autres, par exemple, le rapport de la diagonale au côté d'un carré, soit la racine carrée de 2, soit aussi les

racines carrées des entiers jusqu'à 17, et ils devaient connaître des démonstrations géométriques de leur irrationnalité analogues à celle que j'ai essayé de vous exposer. Ils en ont rencontré aussi dont l'existence se doublait d'un nouveau mystère, car toutes les recherches pour les construire avec la règle et le compas étaient, pour cause, restées vaines ; c'est le cas, notamment du rapport du côté d'un cube au côté d'un cube de volume double, c'est le cas aussi du rapport du périmètre du cercle à son rayon. Vous avez reconnu les problèmes de la duplication du cube et de la quadrature du cercle.

Mais ces nombres géométriques ne posent pas seulement une question philosophique d'existence, il faut encore savoir s'en servir. S'en servir, c'est-à-dire les combiner entre eux et avec les nombres arithmétiques, par les opérations élémentaires. Les solutions de ce problème ont été nombreuses et diverses au cours des siècles, et il y a peu d'années encore elles ont connu un renouveau. Je ne puis en donner, dans le temps qui me reste, qu'un aperçu extrêmement sommaire.

Une solution approximative, d'aucun disent naïve, a existé de tout temps. Pour utiliser un nombre irrationnel, on le remplace par une fraction qui en soit suffisamment voisine. En remplaçant le nombre d'or par la fraction 22/13 qui tout à l'heure m'a servi d'exemple, on ne fait, sur des dimensions de plusieurs mètres, qu'une erreur de l'ordre du centimètre et l'on sait ce que sont des centimètres de maçon. Il est utile pour cela de savoir construire des fractions de plus en plus proches du nombre irrationnel utilisé, c'est ce qu'on a appelé des suites convergentes, et l'on sait toute l'importance qu'elles ont prises, du XVIIIe siècle à nos jours.

Une solution logique, plus théorique que pratique, consiste à définir l'ensemble de tous les nombres géométriques ou de tous les points de la droite réelle, en même temps que leurs opérations.

La géométrie en fournit une réponse, on identifie les nombres aux segments, l'addition de ces segments se fait en les transportant bout à bout sur une droite ; leur multiplication s'obtient par une construction de quatrième proportionnelle. C'est substituer des axiomes de géométrie aux axiomes d'arithmétique.

Les Grecs avaient déjà ébauché une solution logique qui se trouve dans la géométrie d'Euclide et qui, modernisée sous le nom de coupure, est maintenant exposée dans les cours de Mathématiques Spéciales. Vous savez qu'un nombre géométrique ou arithmétique est ainsi caractérisé par les deux classes de fractions, celles qui lui sont au plus égales, et celles qui lui sont au moins égales.

Il n'est pas sans intérêt de signaler, qu'il y a peut-être une tendance actuelle à considérer au lieu de deux classes de cette coupure, l'ensemble beaucoup plus grand, de toutes les suites de fractions qui ont pour limite le même nombre rationnel.

A l'opposé de ces solutions générales, on étudie, dequis quelque cent ans, des ensembles construits avec seulement l'adjonction d'une irrationnelle à l'ensemble des rationnels. Les opérations sont alors réalisées par des opérations sur des systèmes de nombres entiers, de même que les opérations sur les nombres imaginaires ou complexes sont effectuées par des calculs sur des couples de nombres réels. C'est le chemin ouvert par les idées de Lagrange, d'Abel et d'Evariste Galois.

Ces chemins qui au cours des siècles ont conduit de la découverte des nombres irrationnels à leur théorie provisoirement satisfaisante, on les retrouve presque analogues dans l'histoire des nombres imaginaires, dans la conception moderne des idéaux. Utilisés d'abord dans des circonstances très particulières pour faciliter des calculs, ou pour expliquer des anomalies, ils se sont révélés d'une existence beaucoup plus générale, d'un pouvoir beaucoup plus multivalent et ils envahissent de plus en plus toutes les théories de l'algèbre moderne. Ainsi me permettrez-vous de terminer cet exposé à la fois trop long et trop sommaire par une parole souvent citée de Paul Valéry :

« L'esprit humain est absurde par ce qu'il cherche, il est « grand par ce qu'il trouve. »

A. Chatelet.

Les représentations symboliques de la structure de la matière au cours de l'évolution des théories chimiques

par J. AMIEL,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Un symbole est une « confession de foi ».

On ne saurait trop insister sur l'importance du symbolisme dans les sciences chimiques. A l'origine, le mot symbole signifiait croyance ou confession de foi ; de nos jours encore, des symboles divers expriment, sous une forme condensée, ce que croient les hommes de science, ce qu'ils affirment être la vérité scientifique.

Les gnostiques et beaucoup d'alchimistes pensaient réellement qu'une force mystique était liée aux figures allégoriques qui représentaient à leurs yeux, telles ou telles actions chimiques.

Ecrire aujourd'hui la formule de l'acide lactique

H

H_3C — C — CO_2H

OH

signifie que l'on croit que toutes les analyses effectuées sur n'importe quel échantillon de ce produit qui est une espèce chimique définie fourniront, aux erreurs d'expériences près : 40,000 % de carbone, 6,71 % d'hydrogène, 53,29 % d'oxygène et que l'on croit aussi à l'existence dans les corps composés d'atomes de plusieurs éléments, à l'existence de molécules qui sont des groupes d'atomes (3 atomes de carbone, 3 d'oxygène et 6 d'hydrogène pour cet acide lactique) plus rapprochés et plus fortement liés entre eux qu'il ne le sont avec les autres atomes voisins. Cela signifie encore que l'on croit que les divers atomes constituant la molécule ont des positions fixes et bien déterminées les uns par rapport aux autres dans toutes les molécules d'acide lactique étudiées dans les mêmes conditions physiques. La façon dont la formule a été écrite implique que le chimiste a donné son adhésion à la théorie du carbone tétraédique.

Lorsque nous écrivons la formule de l'acide sulfurique :

O ← S(→ O)(—O—H)(—O—H), nous affirmons implicitement que nous croyons à la structure électronique de l'atome ainsi qu'au rôle joué par des doublets électroniques dans la formation des liaisons de valence qui permettent de maintenir à leur place les atomes constituant une même molécule.

Quand nous écrivons enfin la formule du benzène :

CH
HC CH
φ
HC CH
CH

ou mieux encore:

0,070
0,070 0,465 0,465 0,070
0,465 0,465
0,070 0,465 0,465 0,070
0,070

nous affirmons notre foi dans les méthodes de la mécanique ondulatoire, qui permettent de rendre compte de la stabilité et des propriétés particulières du benzène et des composés aromatiques, de calculer une énergie de résonance, des indices de valence libre et des indices de liaison.

Nous allons maintenant suivre l'évolution du symbolisme chimique et des principales théories liées, de manière plus ou moins étroite, aux diverses façons de concevoir la structure de la matière.

Les symboles chimiques jusqu'à l'époque de Lavoisier.

La chimie est certes, fort ancienne. On trouve, par exemple, sur une tablette babylonienne du XVIIe siècle avant notre ère la « formule » d'un émail au plomb, coloré au cuivre. Mais, tandis que dès l'antiquité, en Egypte, en Grèce et surtout à Alexandrie, les mathématiques avaient fait de grands progrès qui se sont poursuivis assez régulièrement jusqu'à nos jours, tandis que la physique prenait son essor dès le XVIe et le XVIIIe siècle, les sciences chimiques attendirent la fin du XVIIIe siècle pour devenir des sciences véritables, la dernière partie du XIXe siècle pour bouleverser la plupart de nos industries et l'année 1945 pour prouver, par deux « expériences » d'une cruelle et abominable grandeur, que l'homme moderne, au seuil de l'époque qu'on nomme déjà l'ère atomique, disposera bientôt de sources d'énergie à peine concevables, même aujourd'hui.

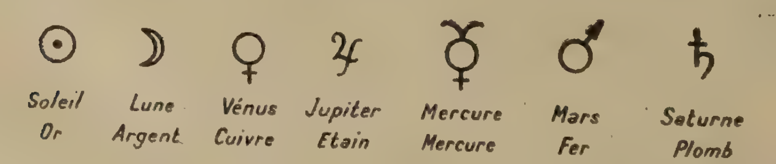
Ce développement tardif d'une science dans laquelle les expériences occupent une place aussi importante a de quoi nous surprendre et mérite notre réflexion. Pourquoi, par exemple, au

moyen âge, les habiles artisans qui ont laissé en témoignage de leur valeur nos magnifiques cathédrales, n'ont-ils pas fait progresser de façon appréciable les sciences physiques et chimiques propement dites ? On nous dira — et cette explication est loin de nous satisfaire entièrement — que pendant très longtemps l'étude des faits particuliers a été méprisée, afin de pouvoir s'adonner à la « haute science », qu'on a cherché à « inventer » un univers plutôt qu'à « regarder » celui où nous vivons. On ajoutera sans doute que cette méthode a fort bien réussi pour les mathématiques. Et il faut bien reconnaître que pendant longtemps des érudits ont forgé des systèmes en fuyant la « souillure » de la matière qu'ils abandonnaient aux alchimistes et aux artisans. Nous en retiendrons la nécessité de ne jamais disjoindre la théorie et l'expérience, sous peine de voir l'une et l'autre frappées à brève échéance de stérilité. Cela est vrai pour la chimie comme pour toutes les sciences expérimentales.

Une autre raison profonde de cet essor tardif est le soin qu'apportaient à peu près tous les alchimistes à dissimuler au profane leurs connaissances professionnelles aussi bien que leurs propres découvertes. De nos jours, le symbolisme et le vocabulaire scientifiques s'efforcent de clarifier nos théories et nos découvertes, d'en condenser l'essentiel pour faciliter la diffusion des connaissances et de préparer de nouveaux progrès. Seuls, ou presque seuls, ceux qui rédigent des brevets d'inventions cherchent encore à tromper leurs lecteurs avec des phrases dont le vague et la généralité abusive sont devenus caractéristiques.

Au moyen-âge, au contraire, l'alchimiste recherchait un symbolisme capable d'entourer quelques connaissances exactes du maximum de mystère, faisant appel à cet effet à des fables issues du folklore, à des croyances religieuses, philosophiques ou magiques. Les secrets de ses découvertes étaient soigneusement cachés dans des anagrammes ou des énigmes qui, de nos jours, sont à peu près indéchiffrables.

Voici quelques exemples de ce symbolisme, choisis parmi les plus simples. Les sept métaux primitivement connus sont représentés par les symboles astrologiques du Soleil (pour l'or), de la Lune (pour l'argent) et des cinq planètes alors identifiées :



L'or peut être représenté également par un roi vêtu de rouge, l'argent par une reine en blanc, le sulfure de mercure ou cinabre par un lion rouge, les sels de cuivre ou de fer par un lion vert, etc.

Les opérations chimiques ont aussi leurs symboles. La mort d'un dragon tué par le Soleil et la Lune nous indique la fabrication d'un alliage d'or et d'argent. Un lion vert qui dévore la Lune représente l'attaque de l'argent par un acide. Un troupeau d'oiseaux s'élevant vers le ciel signale une évaporation.

Les quatre éléments sont représentés de bien des manières. Voici l'une d'entre elles : les symboles de la terre, de l'air, de l'eau sont : 🜁 (air) 🜄 (eau) 🜃 (terre) et celui du feu, une salamandre ou un dragon.

La conception néoplatonicienne du monde considéré comme un organisme animé et la théorie stoïcienne de rapports entre les êtres basés sur la sympathie se retrouvent souvent chez les alchimistes sous forme de transpositions des phénomènes de la vie sexuelle. De cette époque date l'expression de « mère du vinaigre » employée encore aujourd'hui. Mais quelle opération, peut-être bien simple et très banale, désigne cette phrase : « Tu uniras l'enfant mâle du valet rouge avec son épouse odorante et ils engendreront l'élixir » ?

A la fin du XVIIIe siècle cependant, le véritable esprit scientifique imposa la création d'un vocabulaire concis, précis et rationnel : Guyton de Morveau, aidé par Lavoisier, Berthollet et Fourcroy fixa la véritable nomenclature chimique dans son livre « Méthode de Nomenclature chimique », paru en 1782. On sait tout ce que la chimie doit à Lavoisier ; ce savant, qui ne découvrit aucun élément, aucune réaction chimique particulièrement importante, qui n'était pas le premier à se servir d'une balance pour suivre les transformations de la matière, renversa cependant la théorie du phlogistique et toutes les barrières qui avaient entravé tout véritable progrès en chimie.

La théorie atomique de Dalton.

La première théorie atomique cohérente fut développée, au début du XIXe siècle, par le chimiste anglais Dalton. C'est en étudiant dès 1793 la constitution de l'air atmosphérique, puis en découvrant en 1801 la loi des pressions partielles pour les mélanges

de gaz que Dalton arriva à la conclusion fondamentale suivante : les gaz sont constitués par des particulies ultimes qui ont toutes le même poids pour un gaz donné, mais les particules ultimes de gaz différents ont des poids différents. Ces particules ultimes sont les atomes, et Dalton les concevait sous forme de petites sphères entourées d'atmosphères de « calorique ». Admettant ainsi l'existence des atomes dans les corps composés, Dalton donna une explication très simple de la loi des proportions définies énoncée en 1802 par Proust et de la loi établie de 1792 à 1802 par Richter et que nous appelons maintenant loi des nombres proportionnels (le terme « nombre proportionnel » fut proposé et défini plus tard par Wollaston). De plus, Dalton formula clairement les lois qui président aux combinaisons chimiques et que nous appelons aujourd'hui loi des proportions multiples ou loi de Dalton. Il en déduisit pour les éléments chimiques des poids atomiques relatifs. On trouve dans les cahiers d'expériences de Dalton, à la date du 6 septembre 1803, le premier tableau de poids atomiques déduits des analyses de Lavoisier. Dalton prenait comme unité le poids de l'atome d'hydrogène. Il trouvait : oxygène : 5,5 ; soufre 14,4 ; azote : 4,2 ; phosphore : 7,2 et carbone : 4,3. Si les analyses avaient été plus précises, il aurait obtenu les nombres : 8, 16, 4,56, 10,3 et 6. Même avec ces corrections, nous constatons que tous ces poids relatifs étaient faux. Plus exactement, il faut les multiplier par des nombres entiers petits (2 pour l'oxygène, le soufre et le carbone ; 3 pour l'azote et le phosphore) pour obtenir les valeurs correctes. Voici l'origine de cette erreur. Dalton avait posé le principe suivant : les combinaisons des éléments entre eux obéissent à la loi de simplicité ; en particulier, quand on ne connaît qu'une seule combinaison entre deux éléments, il convient de choisir la formule composée d'un seul atome de chacun des éléments, à moins qu'on n'ait des raisons valables pour en proposer une de plus compliquée.

Dalton choisit donc pour l'eau une formule diatomique et le poids relatif de l'atome d'oxygène est alors le poids de cet élément qui, dans l'eau, est uni à 1 g. d'hydrogène. Au contraire, avec la formule triatomique actuelle H_2O, le poids atomique de l'oxygène est le poids combiné à 2 g. d'hydrogène : d'où un nombre 2 fois plus grand. En faisant le même raisonnement pour l'ammoniac, on arrive à un poids atomique de l'azote 3 fois plus grand que celui de Dalton. Même « faux » au sens que nous venons d'indiquer, le tableau de 1803 a pour les historiens de la chimie une valeur considérable. D'ailleurs, le choix d'une formule diatomique, toutes les fois qu'il n'y avait qu'une combinaison connue de deux éléments, n'était pour Dalton qu'une hypothèse de travail et non un

principe. La première communication sur sa théorie atomique, présentée par Dalton en 1802 devant la Philosophical Society, complétée en 1803, ne fut publiée qu'en 1805. On trouve des exposés plus complets en 1807, dans un livre de Thomas Thomson : « System of chemistry », et en 1808, dans « New System of chemical philosophy », de Dalton lui-même.

Ayant attribué un poids aux atomes chimiques, le chimiste anglais les représente par des symboles en forme de cercles :

Hydrogène Oxygène Soufre Azote Phosphore Carbone

et il associe ces symboles pour représenter des molécules de corps composés :

Eau Ammoniac Gaz carbonique Hydrogène sulfuré

De plus, Dalton utilisait dans ses cours des cubes et des sphères de bois avec des trous permettant de les réunir pour représenter des molécules. Nous verrons l'intérêt de modèles analogues, mais plus perfectionnés, pour l'enseignement et la recherche. Cependant, il faut bien indiquer que Dalton n'a pas su faire la distinction entre l'atome et la molécule pour les corps simples polyatomiques qui sont précisément très nombreux.

Le grand chimiste suédois Berzélius reprit, en 1810, l'application de la nouvelle théorie atomique aux lois de Proust, de Richter et de Dalton, cherchant d'ailleurs à minimiser les mérites de ce dernier. Il proposa pour les formules la notation que nous utilisons aujourd'hui : on représente symboliquement les éléments par la première ou par les deux premières lettres du nom français ou latin qui le désigne ; plus rarement, pour éviter toute ambiguité, on prend la première et la troisième ou la quatrième lettre (par exemple Tl pour le thallium, car Th désigne le thorium et Ta le tantale). Dalton affirma que cette représentation était « horrible » et resta fidèle à ses cercles, pourtant bien incommodes, et qui ne permettaient pas une lecture abrégée des formules.

Dalton avait donc attribué un poids aux atomes ; Berzélius s'appuyant sur les travaux remarquables de Davy qui venait, en particulier, d'isoler par électrolyse le potassium et le sodium en 1807, leur assigna une charge électrique positive ou négative indépendante de la combinaison dans laquelle l'atome se trouve

engagé. L'hydrogène, le potassium étaient chargés positivement, tandis que le chlore était chargé négativement. Et ainsi de suite.

La stabilité de la molécule est alors assurée par des attractions électrostatiques entre les divers atomes. Nous n'avons conservé cette manière de voir que dans le cas des liaisons d'électrovalence qui réunissent des ions.

On peut reprocher à Berzélius d'avoir combattu la théorie des « substitutions » de Dumas, qui devait se montrer si féconde, parce qu'il ne pouvait pas logiquement admettre que, par exemple, dans les acides mono-, di-, tri-chloracétiques des atomes de chlore chargés négativement puissent remplacer des atomes d'hydrogène chargés positivement, sans provoquer la dislocation de la molécule.

En revanche, on est rempli d'admiration pour ce chimiste lorsqu'on constate que sur les 52 poids atomiques qu'il donne dans l'édition française de 1847 de son Traité de Chimie, 42 coïncident, avec une précision surprenante, avec les valeurs utilisées aujourd'hui. Il convient de multiplier les nombres de Berzélius par 0,16, car il avait pris comme base O = 100 et nous avons adopté O = 16.

Les molécules et l'hypothèse d'Avogrado-Ampère

Tandis que la théorie de Dalton permettait d'établir pour les corps simples un tableau de « poids atomiques relatifs », les travaux théoriques d'Avogrado en 1811, d'Ampère en 1814, conduisirent à un système cohérent de « masses moléculaires relatives ».

Avogrado s'appuyait sur les lois des combinaisons en volumes établies pour les gaz par Gay-Lussac et sur la théorie atomique de Dalton pour arriver à la conclusion bien connue, que nous énonçons maintenant ainsi : « des volumes égaux de gaz, sous une même pression et à la même température renferment le même nombre de molécules ».

Ampère, de son côté, arrivait au même résultat par un raisonnement qui pouvait peut-être paraître moins convaincant pour les chimistes de cette époque. Remarquant que tous les gaz suivent avec une assez bonne précision les mêmes lois de compressibilité et de dilatation, il en concluait que la répartition des molécules dans le volume qui leur est offert est indépendante de la nature des gaz.

Il fallut cependant attendre près de cinquante ans avant que les chimistes adoptent vraiment cette hypothèse qui avait pourtant une importance capitale. Si l'on néglige quelques rares précurseurs (parmi eux le Français Gaudin qui, dès 1831, distinguait

parfaitement l'atome de la molécule dans le cas des corps simples) dont les écrits restèrent lettres-mortes, c'est à Cannizzaro que revient le mérite d'avoir, en 1858, dans son livre « Sunto di un corso di filosofia chimica », appliqué systématiquement la loi d'Avogrado-Ampère à l'étude des expériences accumulées depuis plus d'un demi-siècle par les chimistes.

Valence. Formules planes développées.

La notion de molécule se trouvant définitivement établie, il fallut procéder à « l'autopsie » de ces molécules, pour reprendre l'expression imagée utilisée par Marcel Boll ; le résultat de l'autopsie est condensé dans la « formule développée », base fondamentale et toujours classique du symbolisme chimique. La formule brute moléculaire nous indique la nature et le nombre des atomes constituant la molécule, toutes les fois que celle-ci existe (la molécule Cl Na, par exemple, n'existe pas dans les cristaux de chlorure de sodium). La formule développée fait appel à une notion nouvelle, celle de la valence qui permet de rendre compte de l'enchaînement des atomes dans la molécule. En écrivant la formule de l'eau : H-O-H, j'indique que les deux atomes d'hydrogène sont liés à l'atome d'oxygène, mais qu'ils ne sont pas unis entre eux, qu'ils n'exercent aucune action notable l'un sur l'autre.

Ce sont surtout les travaux et les théories de Berzélius, de Wöhler, de Liebig, de Dumas, de Laurent, de Gerhardt, de Wurtz, de Kolbe, de Frankland, de Cannizzaro, de Williamson, de Couper et de Kékulé, pour ne citer que les plus grands, qui ont permis de préciser cette notion de valence et de tracer une multitude de formules planes développées. Nous ne développerons pas ici la « théorie des types chimiques » introduits par Dumas et très développée par Williamson, qui était elle-même une généralisation de la théorie des « noyaux » imaginés par Laurent dès 1836.

Ces représentations symboliques très simples étaient planes et ne prétendaient nullement donner une image des molécules. Mais elles permettaient de rendre compte des isoméries de position et de compensation. Deux corps sont isomères quand ils ont la même formule brute moléculaire. Il y a isomérie de position quand on a la même fonction chimique, par exemple, dans l'alcool propylique : CH_3-CH_2-CH_2OH et l'alcool isopropylique :

$$CH_3\text{-}CHOH\text{--}CH_3 ;$$

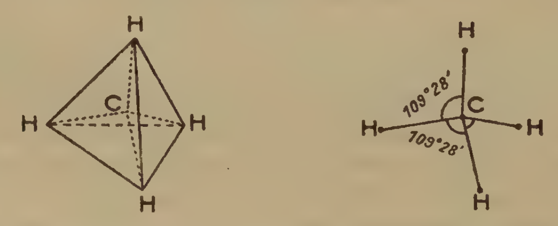
il y a isomérie de compensation lorsque les fonctions chimiques sont différentes ; c'est le cas pour l'un ou l'autre des alcools pré-

cédents et l'oxyde de méthyle et d'éthyle : CH_3-O-CH_2-CH_3 ; ces trois corps ont la même formule brute : C_3H_8O.

Formules développées dans l'espace. Stéréochimie.

Mais les formules planes ne permirent pas d'interpréter l'isomérie optique, dont Pasteur avait donné, vers 1859, les lois générales, ni l'isomérie « géométrique » (isomérie cis et trans de certains composés éthyléniques ou cycliques, isomérie syn et anti des oximes, par exemple). La solution de ce problème fut donnée simultanément, en 1874, par le Hollandais Van't Hoff et le Français Le Bel. C'est la théorie classique du « carbone tétraédrique », complétée soit par le principe de la « liaison mobile » ou libre rotation autour de l'axe joignant deux atomes de carbone voisins simplement liés (Le Bel), soit par le principe de la « position avantagée » (Van't Hoff).

Les quatre atomes d'hydrogène du méthane CH_4 sont disposés aux quatre sommets d'un tétraèdre régulier dont l'atome de carbone occupe le centre de gravité. Les quatre directions de valence, lignes unissant le carbone aux sommets de la figure font entre elles des angles égaux à 109°28' quand on les prend deux à deux de toutes les façons possibles.



Vavon soulignait avec raison que beaucoup de chimistes critiquèrent de manière ironique et violente les théories de Le Bel et de Van't Hoff. Kolbe, par exemple, écrivait en 1877, au sujet du second de ces théoriciens qualifié par lui de « chimiste inconnu — et encore d'une Ecole Vétérinaire » : « Il est impossible de critiquer à fond, même partiellement ce mémoire, parce que ce jeu de fantaisie manque absolument de fond. Il est tout à fait incompréhensible pour tout savant sensé. »

Cependant les succès de cette théorie l'imposèrent peu à peu et elle fut bientôt généralisée. On étendit la représentation tétraédrique à l'azote ionisé N^+ des ions du type ammonuim et à l'azote trivalent, en disposant dans ce dernier cas l'atome d'azote à l'un des sommets du tétraèdre.

A partir de 1892, Werner élabora la théorie des complexes métalliques et introduisit la notion de coordinence ou indice de coordination du métal servant de noyau à l'ion complexe. Presque toujours cet indice de coordination est égal à 4 ou bien à 6. Lorsqu'il est égal à 4, on a, suivant les cas, soit une structure plane carrée avec des angles de valence égaux à 90° pour deux valences voisines, soit une structure tétraédrique avec des angles de valence tous égaux à 109°28'. Lorsqu'il est égal à 6, on a une structure octaédrique avec le noyau métallique au centre de l'octaèdre.

Cette stéréochimie commençait enfin à permettre de nouveaux rapprochements entre la chimie et la cristallographie. Il convient de rappeler, d'ailleurs, le rôle joué en chimie minérale par la loi de l'isomorphisme de Mitscherlich au cours de la détermination de la valence de divers éléments. Cette loi imposait des formules chimiques analogues aux substances qui avaient la même forme cristalline et qui pouvaient syncristalliser.

Malgré ses nombreuses réussites, la stéréochimie ne pouvait pas donner une représentation exacte et complète de la position des atomes formant une molécule. Elle fournissait les angles des droites reliant le centre d'un atome aux centres des divers atomes qui l'entouraient, autrement dit « la configuration spatiale des liaisons de valence ». On en déduisait pour la molécule ou pour le cristal des éléments de symétrie qui permettaient de prévoir certaines propriétés, certains cas d'isomérie.

Pour faciliter la compréhension et l'enseignement de la stéréochimie, il est commode de se servir de modèles réalisés à une échelle commode. On utilise très souvent des tétraèdres (ou des octaèdres pour les complexes hexacoordinés) construits avec de petites tiges d'acier et portant à chaque sommet une pointe qui permet d'y fixer une grosse boule, de couleur conventionnelle, représentant un atome ou même un radical chimique. Ce système a cependant de graves inconvénients. Il matérialise les liaisons entre les sommets qui justement ne sont pas les liaisons de valence ; celles-ci ne sont pas figurées, car on ne place pas le carbone au centre du tétraèdre. D'autre part, on se sert uniquement de tétraèdres réguliers. Si nous considérons, par exemple, CH_4 ou encore CCl_4, le tétraèdre est certainement régulier ; mais la distance C — H n'est pas égale à la distance C — Cl. Les molécules CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$, ne sont plus figurées par des tétraèdres réguliers. On démontre que le fait de raisonner improprement sur des tétraèdres réguliers dans ces cas et tous les cas analogues ne modifie pas les éléments de symétrie qui intéressent les chimistes.

Il est préférable d'utiliser des boules percées de trous suivant les directions de valence dans lesquelles s'engagent des tiges rigides permettant les assemblages.

Voici, par exemple, l'aspect d'un modèle de molécule : l'α-d-glucose ; sous sa forme oxydique :

Carbone
Oxygène
Hydrogène

Chimie structurale.

Une nouvelle étape a été franchie au xxe siècle et la « chimie structurale » nous donne maintenant les distances inter-atomiques en vraie grandeur. Elle a confirmé presque toujours, mais en les complétant, les résultats conventionnels de la stéréochimie. Ces distances, qui paraissaient inaccessibles encore au début du siècle, ont été fournies par l'étude quantitative de la diffraction par la matière des Rayons X (pour les solides cristallisés) ou des ondes électroniques (pour les gaz et les vapeurs sous pression réduite). Connaissant la longueur d'onde des Rayons X ou des ondes que la théorie de Louis de Broglie attache aux électrons en mouvement, mesurant les angles que les faisceaux diffractés font avec le faisceau incident, il est possible de calculer avec une grande précision les distances interatomiques, qui sont pourtant de l'ordre de l'Angström, c'est-à-dire du dix-millionième de millimètre. Certes, le calcul, relativement facile pour des composés binaires qui ont un structure très symétrique, devient très long, sinon inextricable, pour des édifices atomiques compliqués ; l'emploi de machines à calculer électroniques spécialement conçues pour résoudre ces problèmes, doit permettre d'accomplir encore bien des progrès. La position des atomes d'hydrogène ne peut pas être déterminée ainsi, car la densité électronique au voisinage de leur noyau est trop faible pour que la diffraction soit importante. On dit, de manière imagée, qu'on ne « voit » pas les atomes d'hydrogène et c'est une lacune importante pour la chimie organique ; mais elle va être comblée par l'étude de la diffraction des neutrons et c'est ce qui fait l'intérêt des recherches actuelles sur une méthode dont la mise en œuvre est vraiment difficile.

L'examen d'un grand nombre de structures ainsi déterminées, l'interprétation théorique de nombreuses propriétés physiques ont permis, de plus, d'assigner à chaque atome ou à chaque ion une

« sphère d'action » de diamètre connu ; l'énergie qu'il faut fournir pour rapprocher deux atomes augmente très brusquement lorsque la distance devient inférieure à la somme des rayons des deux sphères ; une telle interpénétration des sphères d'action provoque dans la molécule une « contrainte », une « tension », qui diminue beaucoup sa stabilité. Des mesures physiques relativement simples, celle de la chaleur de combustion, par exemple, permettent d'ailleurs, de calculer l'énergie qui a été nécessaire pour imposer cette contrainte que l'on peut ainsi chiffrer.

Quelques constructeurs étrangers fabriquent, sur ce principe, des modèles moléculaires très intéressants aussi bien pour l'enseignement que pour la recherche, semblables à ceux qui avaient été créés quelques années auparavant par Magat. Les divers atomes sont représentés par des boules de couleurs variées, dont le diamètre est proportionnel à celui de la sphère d'action de l'atome véritable. Ces sphères sont tronquées par des plans convenables, de façon à pouvoir réaliser les interpénétrations qui correspondent aux diverses liaisons de valence. Pour le carbone, par exemple, on peut représenter les liaisons simples, doubles, triples ou aromatiques. Certains professeurs reprochent à ces modèles leur « opacité » ; mais celle-ci est en réalité une qualité et non un défaut, puisqu'elle nous donne une représentation beaucoup plus proche de la réalité que les modèles plus « aérés » obtenus avec de petites boules réunies par des tiges rigides relativement longues. Il suffit de comparer les modèles de la molécule de cyclohexane pour apprécier, souvent avec stupéfaction, la différence. J'estime d'ailleurs qu'un enseignement bien conçu doit utiliser simultanément les deux types de modèles ; les modèles « aérés » mettront en évidence les directions des valences et les distances relatives entre les atomes ; les autres matérialiseront les sphères d'action et donneront une idée juste de l'encombrement à l'intérieur de la molécule.

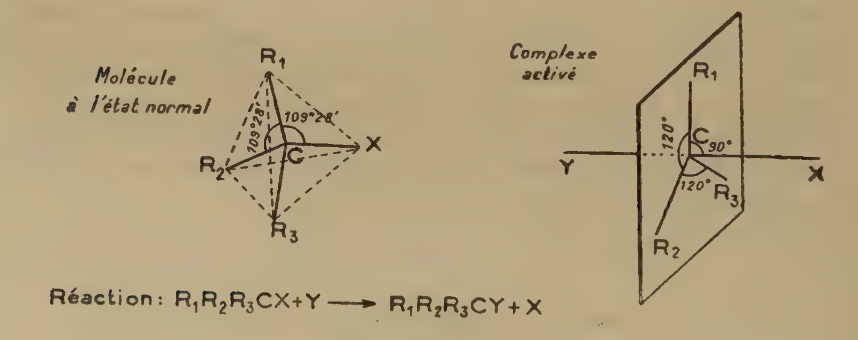
Voici un croquis de la molécule de méthane ainsi matérialisée :



Empêchement stérique.

Ces modèles conviennent tout spécialement à l'étude des phénomènes « d'empêchement stérique » que divers organiciens avaient mis en évidence, dès la fin du siècle dernier, en comparant des

vitesses de réaction. Pour un même réactif antagoniste et dans les mêmes conditions de température, de pression, de concentrations dans les mêmes solvants, la vitesse de réaction d'une série de composés possédant la même fonction chimique est d'autant plus petite que le voisinage du groupement fonctionnel est plus encombré. Cependant on sait, depuis les expériences d'Arrhénius sur l'hydrolyse du saccharose, en 1889, qu'une molécule ne peut entrer en réaction que si elle est dans un « état activé ». Par conséquent, l'argument tiré des vitesses de réaction n'est valable qu'à condition de raisonner sur les molécules activées et non sur des molécules dans l'état stable qui nous est généralement donné par les méthodes dont nous avons rappelé le principe. L'objection a souvent été faite à de nombreux expérimentateurs qui ont eu le plus grand tort de ne pas en tenir compte. Ingold et ses collaborateurs ont eu le mérite de fonder l'empêchement stérique sur la géométrie des molécules activées, ou du complexe de transition. Ils ont prouvé que dans certains cas (radicaux tertio-butyle $(CH_3)_2C$- et néo-pentyle $(CH_3)_2C$-CH_2- par exemple) les prévisions théoriques se trouvent inversées, ce qui rétablit l'accord avec les expériences. Dans le cas d'une substitution bimoléculaire faisant intervenir, par exemple, un dérivé organique halogéné, trois des directions de valence du carbone portant l'halogène X viennent se placer, dans le complexe activé, suivant trois droites à 120° situées dans un plan contenant le carbone et perpendiculaire à la quatrième ligne de valence C — X :



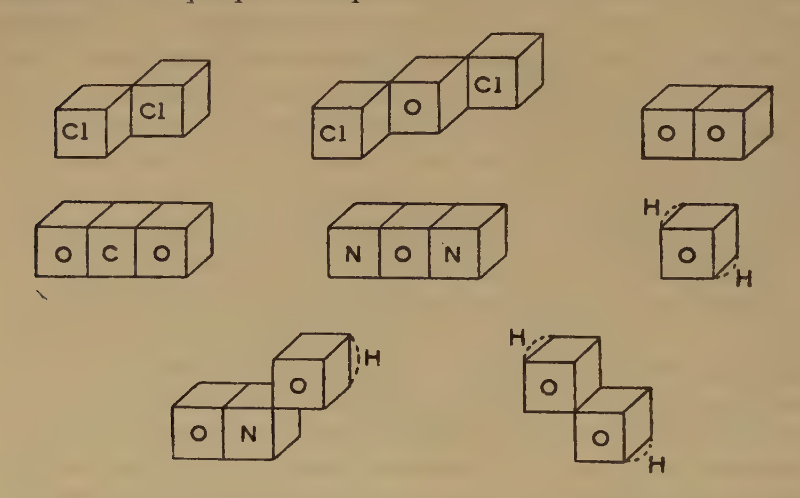
Les problèmes sont plus simples quand on ne s'adresse pas à des vitesses de réaction. On peut montrer que dans certains cas, l'empêchement stérique rend difficile ou même impossible l'existence réelle de certains composés dont on peut cependant écrire les formules en respectant toutes les règles des théories de la valence. Réciproquement, en quelque sorte, on peut expliquer par l'empêchement stérique l'existence de certaines combinaisons qui semblent en formel désaccord avec ces théories. Je choisirai l'exemple de composés que

l'on désigne sous le nom, encore peu répandu, de « clathrates ». Un cas typique est celui d'une « combinaison » entre l'hydroquinone et l'argon. On sait, depuis longtemps, que l'hydroquinone (diphénol en position para) donne facilement des associations moléculaires. La molécule simple possède des capacités d'attraction résiduelles qui conduisent à la formation de liaisons par l'hydrogène entre plusieurs molécules voisines. On obtient ainsi une sorte de filet à trois dimensions dont les mailles sont formées, les unes par les noyaux benzéniques, les autres par les liaisons intermoléculaires. L'hydroquinone a épuisé alors toutes les capacités résiduelles d'attraction ; et cependant elle peut fixer encore très solidement de l'argon. Or l'argon, comme tous les gaz rares, ne possède aucune affinité chimique et les forces d'attraction du type Van der Waals sont nettement insuffisantes. L'explication de ce fait, qui semble paradoxal, est la suivante. Chaque atome d'argon se trouve en quelque sorte « emprisonné » dans une cavité, une sorte de « cage » formée par plusieurs molécules d'hydroquinone associées comme il a été dit ; on démontre assez facilement qu'il faut trois molécules d'hydroquinone par cavité. Si donc toutes les « cages » contiennent un atome d'argon, la combinaison aura pour formule : $(Hq)_3A$; si certaines restent vides. $(Hq)_3An$ avec $n<1$. C'est ce que l'expérience vérifie. On peut remplacer l'argon par le krypton, mais non par l'hélium, parce que l'atome d'hélium est suffisamment petit pour traverser les mailles du filet et s'échapper hors des cavités. L'argon peut encore être remplacé par H_2S ou par CH_3OH, mais non par la molécule H_2O qui est trop petite pour rester prisonnière dans les cages, ni par C_2H_5OH qui est trop grosse pour qu'on puisse l'y faire entrer.

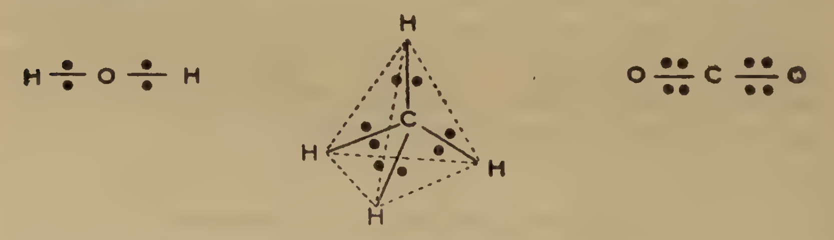
Théories électroniques de la valence.

Les téhories électroniques de la valence développées depuis 1916 par Kossel, Lewis, Langmuir, Sidgwick, pour ne citer que les théoriciens les plus éminents, reposent sur la stabilité particulière du doublet électronique de l'hélium et de « l'octet » formé par les électrons les plus éloignés du noyau pour les autres gaz rares. Cette théorie fut d'abord accompagnée d'un nouveau symbolisme chimique. Les huit électrons des octets furent, dans le cas des liaisons de covalence et de coordinence, disposés aux huit sommets d'un cube. Une simple liaison se traduisait par une arête commune à deux cubes et une double liaison par une face com-

mune. Les atomes d'hydrogène étaient traités d'une manière spéciale car la liaison de covalence fournissait un doublet, comme pour l'hélium. Voici quelques exemples :



Cette schématisation n'offrait aucun avantage sérieux et avait le grave inconvénient de ne pas conserver les symétries fournies par la stéréochimie classique. Elle fut rapidement abandonnée et on se contenta, très sagement, de représenter par deux points près du trait de la ligne de valence le doublet électronique assurant la liaison :



Puis on renonça à marquer les électrons dans le cas des liaisons de covalence et on conserva le trait reliant les deux atomes.

Par contre, on prit l'habitude de marquer de manière différente les liaisons de coordinence correspondant aux « valences secondaires » de Werner. Dans une liaison de covalence, chacun des deux atomes apporte un électron pour constituer le doublet électronique commun ; dans la liaison de coordinence, l'un des atomes D, appelé donneur, fournit les deux électrons qu'il met en commun avec un autre atome A, nommé accepteur. La liaison est figurée par une flèche dont la pointe est tournée vers l'accep-

teur : D → A. Cependant le doublet s'éloigne quelque peu du noyau de D ; la molécule est polarisée et le pôle positif est D ; on dit qu'on a une liaison semi-polaire et on la représente parfois ainsi : $D^{+} — {}^{-}A$, au lieu de se servir de la flèche ; ces deux notations sont absolument équivalentes. Pour qu'un atome puisse jouer ainsi le rôle de donneur, il faut qu'après avoir utilisé ses électrons « célibataires » pour former des liaisons de covalence, il lui reste au moins un doublet électronique, faisant partie de son « octet », non utilisé. L'azote, par exemple, a 5 électrons sur sa couche extérieure : 3 sont célibataires et lui permettent de participer à 3 liaisons de covalence ; l'octet est alors formé ; mais une paire électronique n'est pas partagée ; il reste donc la possibilité d'une liaison de coordinence. Pour qu'un atome puisse jouer le rôle d'accepteur, il faut qu'on puisse disposer ses électrons, faisant partie de l'octet après réaction, de telle manière qu'il y ait un « trou de valence », c'est-à-dire une lacune où pourra se loger un doublet électronique. L'atome d'oxygène possède 6 électrons périphériques ; nous pouvons former avec eux trois doublets et ménager une lacune électronique. Il est donc commode d'indiquer les doublets non partagés et on le fait soit au moyen de deux points, soit à l'aide d'un petit trait, comme cela apparaît sur l'exemple suivant relatif à la formation d'un oxyde d'amine tertiaire :

$$R_2—\overset{\displaystyle R_1}{\underset{\displaystyle R_3}{N}}\!: \;+\; \ddot{\underset{\cdot\cdot}{\dot{O}}}\!: \;\longrightarrow\; R_2—\overset{\displaystyle R_1}{\underset{\displaystyle R_3}{N}} \rightarrow \ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}\!:$$

ou bien :

$$R_2—\overset{\displaystyle R_1}{\underset{\displaystyle R_3}{N}}| \;+\; \overline{\underline{O}}| \;\longrightarrow\; R_2—\overset{\displaystyle R_1}{\underset{\displaystyle R_3}{N}}\rightarrow\overline{\underline{O}}|$$

On a même employé, mais plus rarement, de petites flèches dirigées vers l'extérieur :

$$R_2—\overset{\displaystyle R_1}{\underset{\displaystyle R_3}{N}}\rightarrow \;+\; \overset{\uparrow}{\underset{\downarrow}{O}}\rightarrow \;\longrightarrow\; R_2—\overset{\displaystyle R_1}{\underset{\displaystyle R_3}{N}}\rightarrow\overset{\uparrow}{\underset{\downarrow}{O}}\rightarrow$$

Remarquons que certains atomes peuvent suivant les cas jouer l'un ou l'autre de ces deux rôles. L'oxygène, par exemple, peut

utiliser 2 de ses 6 électrons périphériques pour former deux liaisons de covalence ; l'octet est alors complet ; mais il y a deux paires électroniques non partagées, d'où possibilité d'une ou de deux liaisons de coordinence dans lesquelles l'oxygène est donneur :

$$R_1-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}-R_2$$

Pour les complexes hexacoordinés, il a fallu généraliser la théorie de l'octet en faisant intervenir, en plus des 8 électrons appartenant à la couche extérieure, 4 électrons situés sur la couche voisine ; cette manière d'opérer a d'ailleurs été légitimée par des considérations énergétiques.

La théorie des liaisons d'électrovalence, développée par Kossel, Magnus, Fajans, a repris, dans le cas des ions, la vieille idée de Berzélius sur les atomes électrisés, mais en s'appuyant sur des calcules énergétiques précis, en particulier dans l'étude de la formation et de la stabilité des ions complexes.

Enfin, ces théories électroniques ont permis de traiter les phénomènes de polarisations électriques dans les molécules. Elles ont conduit Prévost et Kirrmann à développer, en 1930, leurs théories des tautoméries synioniques et métaioniques.

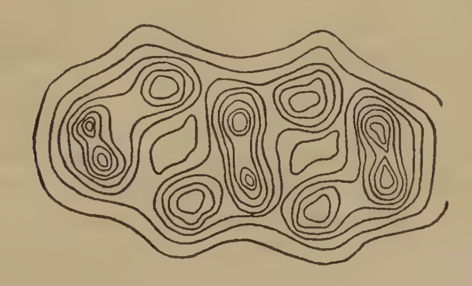
Intervention de la Mécanique ondulatoire. Chimie théorique

En 1924, la thèse de Louis de Broglie créait une nouvelle théorie des quanta : la mécanique ondulatoire. Inéluctablement, celle-ci devait s'introduire un jour dans les théories chimiques, puisque ces dernières prétendaient maintenant donner une véritable représentation de la molécule. Effectivement, dès 1928, London, puis quelques années plus tard, Eyring, Polanyi, Ogg, appliquaient la mécanique quantique à l'étude des réactions chimiques, en commençant par l'attaque d'une molécule diatomique par un atome libre. Peu à peu les études de structures et de réactivités se multiplièrent, au point de constituer très rapidement une nouvelle branche des sciences chimiques : la Chimie théorique.

Nous ne pouvons pas donner ici un aperçu même général des méthodes de calcul mises en œuvre. Le lecteur pourra consulter avec profit, à ce sujet, des articles de Daudel parus dans la « Revue Scientifique » en 1943 et 1944, et divers livres du même auteur, ou bien le livre de M. et Mme Pullman : « Les théories électroniques de la chimie organique », publié en 1952.

Nous nous bornerons à examiner quelques nouvelles représentations symboliques des molécules, introduites ou confirmées par la mécanique ondulatoire.

On admet qu'il existe en chaque point de l'espace une certaine probabilité de présence des électrons appartenant aux atomes de la molécule ; on en déduit une certaine densité électronique en ce point qui est égale au carré de l'amplitude de la fonction d'ondes de la mécanique ondulatoire. Pour les cristaux, on peut représenter, en projection sur divers plans réticulaires bien choisis, les lignes d'égale densité électronique. Voici un tel diagramme correspondant à une molécule de naphtalène :



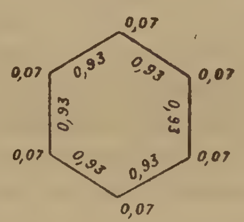
Ces graphiques ressemblent alors à des cartes géographiques sur lesquelles on a tracé les lignes de niveau. L'aspect de ces courbes d'égale densité électronique renseigne souvent sur la réactivité chimique et même sur certaines propriétés physiques ou physiologiques. A vrai dire, ces diagrammes ont été introduits et déterminés dans un certain nombre de cas par les cristallographes ; ce sont les diagrammes de Patterson, déduits d'une étude complète de la diffraction par les cristaux des Rayons X ou des ondes électroniques. Mais les calculs, presque toujours approchés car ils sont fort complexes, de la mécanique ondulatoire, ont permis de condenser dans des diagrammes moléculaires simplifiés l'essentiel des graphiques précédents.

Examinons d'abord le cas des liaisons simples de covalence ou de coordinence ; elles sont l'œuvre d'un doublet électronique (électrons σ). Le calcul montre que ces électrons sont « localisés » au voisinage de l'axe de liaison ; la densité électronique est de révolution autour de cet axe, ce qui permet la libre rotation ou liaison mobile dans le cas de deux atomes de carbone. La belle théorie des « valences dirigées » de Slater et Pauling a donné à toute la stéréochimie classique une base mathématique tout à fait remarquable.

Etudions maintenant une double liaison entre deux carbones éthyléniques. Elle met en œuvre deux doublets : 2 électrons σ qui sont encore localisés au voisinage immédiat de l'axe de liaison et 2 électrons π qui n'on plus une symétrie de révolution autour de cet axe, mais qui possèdent un plan de symétrie passant par cette droite. La densité est nulle dans le plan de symétrie et on a deux volumes allongés situés de part et d'autre de ce plan. On peut découper, comme l'a fait Swartholm, la zone de la double liaisons en trois parties : deux sommets au voisinage immédiat des carbones dans lesquels la densité des électrons π est nulle et une zone centrale étendue appelée zone de liaison, dans laquelle on trouve précisément deux électrons π. D'où le diagramme suivant :



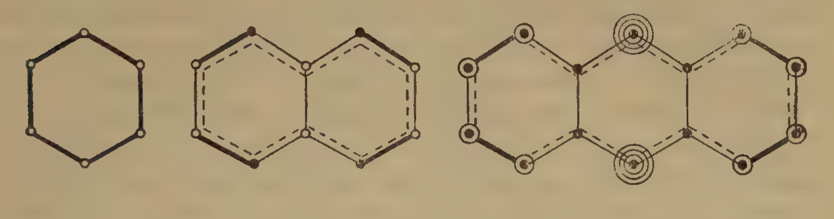
Occupons-nous enfin des liaisons aromatiques, en commençant par le benzène. 6 doublets d'électrons σ assurent les liaisons suivant les six côtés d'un hexagone plan régulier et il reste, pour les liaisons entre carbones, 6 électrons π qui sont « délocalisés » et répartis, suivant une symétrie sénaire, entre les 6 zones de liaison et les 6 sommets. Des méthodes de calcul, dues principalement à Swartholm et à Pauling, ont conduit à la répartition suivante des électrons π :



On a déterminé un grand nombre de ces diagrammes moléculaires et adopté, pour les rendre plus clairs, les conventions suivantes :

Sommets	Liaisons
Charge inférieure à 0,10 e	Moins de 0,6 e.
Entre 0,10 et 0,15 e.	Entre 0,6 et 0,8 e
Entre 0,15 et 0,20 e.	Entre 0,8 et 1 e.
Entre 0,20 et 0,25 e.	Supérieure à 1 e.
Supérieure à 0,25 e.	Sensiblement égale à 2 e

On a, par exemple, pour le benzène, le naphtalène et l'anthracène :



Ces « diagrammes moléculaires » nous renseignent sur la réactivité chimique, grâce à quelques règles que Daudel a formulées ainsi.

Une zone de sommet peut réagir par substitution ou par addition d'atomes ; elle est d'autant plus apte à réagir qu'elle est plus chargée en électrons π.

S'il y a sur une même molécule deux zones de sommet chargées, elles peuvent, à elles deux, additionner une molécule.

Une zone de liaison ne peut réagir que par addition moléculaire et d'autant mieux qu'elle est plus chargée en électrons π.

En toute rigueur, on doit, pour étudier la réactivité, raisonner sur les molécules « activées » et non à l'état normal.

Pour les sommets, la densité en électrons π est appelée aussi « indice de valence libre » ; on peut dire qu'elle mesure les « résidus de valence » de l'ancienne théorie deThiele. Pour les zones de liaison, l' « indice de liaison » est égal à la moitié de la densité en électrons π, car une double liaison éthylénique « pure » comporte 2 électrons π, et il mesure l'aptitude aux réactions d'addition. L'indice de liaison du benzène est donc égal à 0,465, d'où la formule donnée au début de cet article.

Enfin, la mécanique ondulatoire a permis de mieux comprendre et théoriquement de résoudre un problème fondamental pour le symbolisme chimique, celui de la mésomérie. Grâce aux formules développées dans l'espace, nous avons pu obtenir que deux espèces chimiques distinctes aient toujours des formules développées différentes. Il faut maintenant chercher s'il n'est pas nécessaire parfois de faire correspondre plusieurs formules développées à une même espèce chimique. Il arrive effectivement que certains composés définis donnent naissance, suivant les conditions de milieu où ils se trouvent, à des réactions difficiles à interpréter au moyen d'une seule formule développée ; tantôt on est conduit à leur attribuer une fomule développée F_1 et tantôt d'autres formules F_2, F_3, etc.

Dans certains cas, on a, en réalité, un mélange homogène et en équilibre de deux isomères distincts (isolables séparément à la faveur de faux-équilibres) : on dit qu'il y a « desmotropie ». Dans d'autres cas, il y a passage par un ion multipolaire commun et la théorie des « tautoméries syioniques ou métaioniques » de Prévost et Kirrmann rend compte des phénomènes observés.

Mais, lorsqu'il y a « mésomérie », les formules développées classiques sont impuissantes à donner une représentation réelle de la molécule. Cornillot, puis Ingold, ont donné le nom de « forme mésomère » à cet état réel de la molécule qui est une sorte de « combinaison » de diverses configurations possibles auxquelles on a donné le nom de « formes limites » ; ces dernières doivent cependant satisfaire à certaines conditions stériques et énergétiques.

Un cas très classique est celui du benzène, pour lequel il existe les cinq formes limites suivantes :

(K_1) (K_2) (D_1) (D_2) (D_3)

Déjà, au XIXe siècle, Kékulé avait supposé qu'il existait des « oscillations de valence » entre les schémas K_1 et K_2. La mécanique ondulatoire a montré comment il fallait combiner les fonctions d'onde correspondant aux diverses formes limites pour obtenir la véritable fonction d'onde du composé réellement existant. Elle a permis d'écrire la formule convenable qui est le diagramme moléculaire tel que nous l'avons dessiné.

D'autre part, la forme mésomère est toujours beaucoup plus stable que ne le seraient les composés qui correspondraient, s'ils existaient, aux diverses formes limites que nous écrivons. La mécanique ondulatoire rend compte de cette stabilité et permet de la mesurer au moyen d'une « énergie de résonance ». Pour le benzène, l'expérience donne 40.000 calories et le calcul : 39.000 calories ; l'accord mérite d'être déclaré excellent.

Conclusion.

La chimie structurale a toujours fait appel à la physique, à la cristallographie, aux mathématiques ; mais l'interdédance est devenue très étroite et s'accentue encore avec le développement d'une chimie théorique basée sur la mécanique quantique. Cela

impose inévitablement, pour les membres d'une équipe scientifique, une spécialisation qui n'est pas sans avoir de graves inconvénients, car elle peut incliner nos futurs savants à négliger une large culture générale de plus en plus difficile à conquérir. Dans cette culture, il convient de donner une large place à l'histoire des sciences, en insistant surtout, comme je me suis efforcé de le faire, sur l'évolution des grandes théories. En Angleterre, Sarton écrivait naguère : « Un véritable humaniste doit connaître la vie de la science comme il connaît la vie de l'art et de la religion ». En France, Langevin réclamait : « une culture générale plus imprégnée d'esprit scientifique et dans laquelle l'histoire des idées jouerait un rôle plus important qu'elle ne le fait aujourd'hui ». On ne saurait trouver une meilleurs conclusion.

J. Amiel.

LES LIVRES REÇUS

BASSERAS (G.). — Exercices et Problèmes de Radioélectricité (Eyrolles, Paris).
BERGERON (Jacques). — Savons et détergents (Coll. Armand Callin, Paris).
CAURO (E.). — Catalogue des Hyménoptères du département du Nord. III. Térébrants (Lechevalier, Paris). 800 francs.
COR (P.). — Emulsion, Mousses, Détersion, les Phénomènes de surface (Dunod, Paris).
DEQUOY (Mlle N.). — Mécanique à l'usage de la classe de Mathématiques élémentaires (Gauthier-Villars, Paris).
DUGAS (René). — La Mécanique au XVIe siècle (Ed. du Griffon, Neuchâtel et Dunod, Paris). Relié : 3.900 francs.
JANET (Maurice). — Précis de Calcul matriciel et de Calcul opérationnel (Coll. Euclide, Presses Universitaires). 1.800 francs.
KAHAN (Théo). — Physique nucléaire (Coll. Armand Colin, Paris).
LEGRAS (J.). — Résolution pratique des équations différentielles (Dunod, Paris). 880 francs.
MONDIEZ (A.). — Cours de Physique industrielle, tome I (Gauthier-Villars, Paris).
PESEZ (M.) et POIRIER (P.). — Méthodes et réactions de l'analyse organique. III. Réactions colorées et fluorescentes (Masson, Paris). 2.750 francs.
RAMSEY (Norman F.). — Nuclear Moments (John Willey et sons, New York, Chappman et Hall, Londres). $ 5.
ROTH (Louis M.) et WILLIS (Edwin R.). — The reproduction of Cockroaches (Smithsonian Institution, Washington).
ROUCH (J.). — Les mers polaires (Bibl. de Philosophie scientifique, Flammarion, Paris). 550 francs.
TARDIEU-BLOT (Mme). — Ptéridophytes (Fougères et plantes alliées) (Coll. « Cryptogamia », S. E. D. E. S., Paris). 700 francs.
TERMIER (H. et G.). — Formation des Continents et Progression de la Vie (Coll. Evolution des Sciences, Masson, Paris). 750 francs.
VELLUZ (Léon). — Substances naturelles de synthèse, Vol. VIII et IV (Masson, Paris), brochés : 1.800 et 1.880 fr. ; reliés : 2.200 et 2.280 fr.
VINOGRADOV (I. M.). — The method of trigonometrical sums in the theory of numbers (Interscience Publishers Ltd, Londres).
WHITTINGTON (Harry B.). — Two silicifed Carboniferous Trilobites from West Texas (Smithsonian Institution, Washington).

Répartition Actuelle et Ancienne des Onychophores ou Peripates

par Max VACHON.

Traits essentiels de l'anatomie et de la biologie des Onychophores

Les Onychophores sont des animaux énigmatiques et il suffit de parcourir les travaux essentiels de leur morphologie et de leur anatomie ainsi que de leur répartition (1) pour s'en rendre compte facilement. Dès leur découverte, on les avait appelés « limaces à pattes » et classés parmi les Mollusques polypodes, tout en leur reconnaissant un aspect de Vers ou de Mille-pattes (*fig.* 1). Leur



Fig. 1. — *Peripatopsis.*

organisation interne est un curieux mélange de caractères annélidiens (muscles lisses, néphridies à cils vibratils, métamérie, yeux..., etc.) et arthropodiens (chitine, mues post-embryonnaires, cœur à ostioles, cœlome persistant... etc.) ; la possession de trachées est un signe d'affinité certaine entre eux et les Arthropodes, c'est pourquoi ces animaux avaient été mis à part dans un groupe spécial à la base des Arthropodes. En fait, maintenant, ils sont considérés

(1) Et dont nous ne citons que les principaux dans notre bibliographie.

comme formant un clade autonome, intermédiaire entre les Annélides et les Arthropodes. Les travaux récents de S. M. Manton se rapportant à l'embryologie de ces animaux soulignent avec netteté l'autonomie des Onychophores qui ont dû diverger d'une souche annélidienne-arthropodienne avant que les Annélides ne s'en soient séparés. Et cette antique séparation basée sur l'étude comparée de la segmentation des Onychophores et des Annélides n'est nullement en désaccord avec les autres données morphologiques et anatomiques.

Les Onychophores vivent loin de la lumière, en des lieux humides, au voisinage des cours d'eau, dans l'humus, les feuilles mortes. Mais cependant quelques espèces semblent être beaucoup moins adaptées aux lieux humides et pouvoir vivre en des stations arides ; aussi, pour ces formes tout au moins, on peut parler d'une réelle facilité d'adaptation. En ce qui concerne la température, il faut retenir que les extrêmes observés actuellement voisinent de 15°5 et 21°5 et que, cependant, les Onychophores ne craignent pas le froid. Au point de vue alimentaire, ces animaux ne sont pas spécialisés quant aux proies qu'ils demandent. Enfin, les Onychophores se déplacent peu et lentement.

En résumé, au point de vue structure, les Onychophores constituent un ensemble autonome et homogène de formes très anciennes (qualifiées même de panchroniques) dont le genre de vie permet d'envisager — s'il ne s'est point modifié au cours des âges — une possibilité d'évolution sur place ou tout au moins de persistance. C'est dire l'intérêt que peut leur témoigner le Biographe et pourquoi, il nous a paru utile d'en commenter ici la répartition mondiale et cela, aussi, pour apporter ou rappeler quelques documents relatifs à la ligne de Wallace, sujet d'un colloque de la Société de Biogéographie (2).

Répartition actuelle des Onychophores et son interprétation : Existence de deux lignées, l'une septentrionale et l'autre méridionale.

Les espèces et les genres actuels d'Onychophores sont groupés en deux familles : *Peripatidæ* d'une part avec 5 genres et environ 40 espèces et *Peripatopsidæ*, d'autre part, avec 7 genres et environ 20 espèces. Ces deux familles se distinguent l'une de l'autre par un certain nombre de caractères différentiels et, bien que quelques-uns

(2) *C. R. Soc. Biogéogr.* (1953), n° 257.

d'entre eux prêtent à discussion étant assez variables au sein d'une même famille ou d'un même genre (par exemple, ceux tirés des œufs, des embryons et du développement en général), l'existence réelle de ces familles, donc de deux lignées, ne semble pas actuellement être contestée.

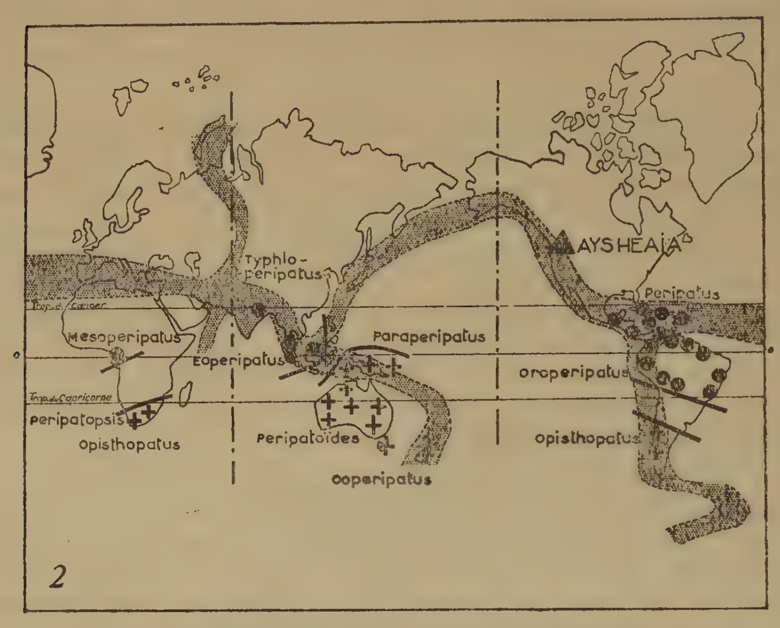


Fig. 2. — Répartition mondiale des Onychophores.

Un simple coup d'œil jeté sur la carte jointe à notre texte suffit pour remarquer que les deux familles se répartissent apparamment en deux domaines biogéographiques distincts, l'un septentrional pour la famille des *Peripatidæ* (représentée par des ronds noirs)et l'autre, méridional, pour la famille des *Peripatopsidæ* (signalée par des croix). Ces deux domaines, étagés en latitude et *séparés l'un de l'autre, ne se superposant en aucun point*.

Cette répartition étendue et très discontinue plaide en faveur d'une faune très ancienne dont le domaine, au cours des temps géologiques se serait considérablement réduit pour ne persister qu'en quelques stations, relativement disséminées. Les auteurs ont pensé que cette disposition, en deux domaines familiaux distincts, n'est que le reflet de ce qu'elle fut dans le passé et que c'est sur deux continents, séparés par une importante frontière, que s'est poursuivie l'évolution des deux lignées, souches de nos familles

actuelles. Et cela cadrait bien avec la notion longtemps classique, et selon laquelle, depuis les temps primaires, les territoires nord-atlantiques et sino-sibériens formaient un vaste domaine, boréal, séparé par le long géosynclinal mésogéen d'un autre domaine équatorial ou gondwannien, ces domaines, par la suite, s'étant fractionnés. En chacun de ces domaines, la faune onychophorienne aurait évolué, sur place et parallèlement, de part et d'autre de la primitive frontière, même une fois celle-ci disparue. Et, tant en Afrique qu'en Asie et en Amérique, les deux faunes, les deux familles, paraissent *étagées en latitude.*

En résumé, la persistance jusqu'à nos jours de deux faunes onychophoriennes séparées, ne se superposant pas en latitude, semble donc devoir s'expliquer très aisément, comme nous venons de le résumer brièvement, par cette notion très simple et très claire de deux continents fort anciens situés de part et d'autre d'une Mésogée, long géosynclinal étendu d'est en ouest. Ainsi se sont exprimés les auteurs cités en bibliographie.

Commentaires et remarques à propos de la répartition actuelle des deux lignées d'Onychophores.

1[re] *remarque : les Onychophores fossiles.*

Si l'on néglige *Xenusion auerswaldæ*, fossile d'origine scandinave parvenu dans le Brandebourg en bloc erratique (Algonkien), et dont les restes ne permettent aucune certitude, le seul fossile certain d'Onychophore, *Aysheaia pedunculata* fut découvert par Walcott dans les formations marines du Cambrien moyen d'Amérique du Nord en Colombie britannique. Et ceci prouve donc que les ancêtres de nos Peripates, qu'ils aient été ou non marins, étaient *présents dans l'hémisphère nord, dès le début du Primaire.*

Les régions habitées par les actuels Onychophores par rapport à celle du fossile, sont nettement plus méridonales et ceci est un fait à relever pour bien des Arthropodes dont les seuls fossiles connus ont des habitats septentrionaux par rapport à ceux des formes actuelles.

2[e] *remarque : situation actuelle des Onychophores par rapport au géosynclinal mésogéen.*

La grande majorité des Onychophores septentrionaux, *Peripatidæ* (représentés par un rond noir sur notre carte), vivent, actuellement, au sud de l'ancienne Mésogée dont nous avons schématisé, sur notre carte, les axes principaux, et aucun d'entre eux, à vrai dire, n'habite le nord ; *Mesoperipatus*, par exemple, en Afrique

est équatorial et en Amérique, les genres *Peripatus* et *oroperipatus* descendent bien au-dessous de l'Equateur.

Si donc, nous admettons l'origine boréale de la famille des *Peripatidæ* (pro parte, tout au moins), il faut supposer que cette famille, en Europe comme en Amérique du Nord, a disparu de son domaine primitif ou s'est progressivement réfugiée plus au sud jusqu'en des régions situées en deça du géosynclinal mésogéen, à moins qu'elle n'y fut déjà dès le début possible de l'expansion géographique du groupe.

3e *remarque : origine et situation de la frontière séparant actuellement les deux familles d'Onychophores.*

La frontière qui sépare actuellement les deux familles de Peripates *n'est pas linéaire mais correspond, en fait, à une bande territoriale plus ou moins large*, un véritable « no peripat's land » que nous avons sur notre carte limité par deux traits pleins, l'un au nord, l'autre au sud. F. Zacher, en établissant sa carte de répartition des Onychophores, insiste sur les caractéristiques écologiques de ce hiatus territorial lequel, tant en Afrique qu'en Amérique, comporte une région aride, désertique et dans laquelle les chutes de pluie sont rares ou peu fournies. C'est d'ailleurs ce sur quoi L. Fage, dès 1925 avait déjà insisté, en précisant que « la séparation des deux familles est due essentiellement à des causes climatériques indéfinissables pour nous actuellement ».

En Indonésie, le « no peripat's land » est bordé au nord par une ligne partiellement superposable à celle dénommée ligne d'Huxley et au sud par une ligne intermédiaire entre celles dites de Lydekker, de Weber et de Sclater.

L'origine écologique ou climatique de cette bande frontière est difficile à démontrer mais — et c'est ce que nous avons exposé lors d'un colloque sur la ligne Wallace — toutes les frontières ou lignes diverses envisagées en cette région insulaire représentent des étapes dans la dislocation de la liaison continentale qui, au Jurassique, unissait l'Asie à l'Australie. De toute façon, cette dislocation est relativement récente et peut être datée, selon les lignes, de la fin du Tertiaire ou du début du Quaternaire.

En résumé, la frontière actuelle séparant les deux familles d'Onychophores — selon les régions, d'origine climatique ou paléogéographique — est relativement récente et a abouti à la formation d'un territoire infranchissable par ces animaux, sensiblement parallèle à l'axe de l'ancienne Mésogée, mais situé plus au sud.

4e remarque : existence de « compartiments » faunistiques Nord-Sud.

L'existence de deux territoires familiaux, étagés en latitude, l'un au nord, l'autre au sud, n'est pas discutable et ressort de l'examen d'une carte de répartition. Mais ceci étant dit, et tenant compte de ce que les genres d'Onychophores sont morphologiquement distincts et géographiquement très isolés — si l'on met à part le genre *Opisthopatus* possesseur de deux espèces : *cinctipes* d'Afrique du Sud et *costesi* du Chili, dont les caractères externes sont voisins mais à caractères internes (organes génitaux) fort distincts — on pourrait diviser la faune mondiale des Peripates en trois compartiments Nord-Sud comprenant chacun au Nord la famille des *Peripatidæ* et au Sud celle des *Peripatopsidæ.* Il y a, comme le montre notre carte, un compartiment africain, un compartiment indo-australien, un compartiment américain groupant chacun des genres spéciaux et ayant un large hiatus séparant une faune septentrionale (*Peripatidæ*) d'une faune méridionale (*Peripatopsidæ*).

Cette division d'une forme très ancienne, en compartiments perpendiculaires à l'Equateur, ne semble pas être spéciale aux Onychophores. Nous l'avons relevée en une faune, elle aussi fort ancienne, celle des Scorpions. Nous reviendrons sur ce sujet dans une autre communication, mais nous pouvons, dès maintenant, souligner (si l'on utilise les familles et les sous-familles de Scorpions) qu'il est très difficile sinon même impossible de constater ou d'imaginer une répartition Est-West, parallèle à l'Equateur, avec des lignées septentrionales et des lignées méridionales. Par contre, il est très facile de compartimenter la faune mondiale des Scorpions dans le sens Nord-Sud. On retrouve, par exemple, dans la famille des *Vejovidæ* les trois compartiments relevés pour les Onychophores et on constate, pour certaines familles, leur absence totale en l'un de ces compartiments, par exemple, celui d'Afrique pour les *Bothriuridæ* et celui du centre (indo-australien) pour les *Diplocentridæ.*

En résumé, si l'on peut imaginer chez les Onychophores, une séparation des lignées faunistiques dans un sens parallèle à l'Equateur, on peut aussi constater des compartiments faunistiques, orientés dans le sens Nord-Sud, chaque compartiment ayant sa faune particulière. Et une telle disposition se retrouve chez d'autres animaux.

Commentaires suggérés par les quatre remarques précédentes.

Les quatre remarques que nous venons de faire nous ont conduit aux conclusions suivantes. Il existe une lignée septentrionale d'Onychophores (représentée actuellement par la famille des *Peripatidæ*) et une lignée méridionale (représentée par les *Peripatopsidæ*). La frontière séparant ces deux familles est d'origine récente et se situe au sud de l'axe de l'ancienne Mésogée, laquelle, dès le Primaire, séparait des territoires sur lesquels devaient exister les souches des Péripates actuels, ce que prouve, pour le domaine septentrional, la présence d'un fossile en Amérique du Nord. De plus, on peut aussi diviser la faune mondiale en compartiments perpendiculaires à l'Equateur et caractérisés par un ensemble de genres particuliers. Comment relier entre elles ces différentes remarques ?

La répartition actuelle d'une faune est fonction de celle de ses ancêtres dans le passé. Le seul fait précis est l'existence d'un fossile d'Onychophore dans l'hémisphère nord, c'est-à-dire en une station nettement plus septentrionale que celles actuellement connues. La présence d'ancêtres, dans le continent nord mésogéen est donc certaine. Rien ne prouve évidemment que les Onychophores, au Cambrien, n'existaient pas au sud de la Mésogée. De toute façon, qu'il y ait eu ou non des Péripates, au sud de la Mésogée, il faut admettre que depuis le Primaire, la forme primitive a gagné l'hémisphère sud en deça de la Mésogée. La situation actuelle de la frontière séparant les deux familles d'Onychophores le prouve et ce sont certainement des variations climatiques qu'il faut envisager pour expliquer le balancement ou le déplacement Nord-Sud des faunes. Et ce que nous savons des glaciations nous y invite ! Mais un tel déplacement n'est possible que grâce à des liaisons terrestres transmésogéennes (même temporaires) : il faut bien l'admettre.

Les phénomènes géologiques ou climatiques qui ont agi au cours des temps géologiques, s'ils ont amené des déplacements Nord-Sud de la faune, semblent avoir agi différemment dans le sens E.-W., c'est-à-dire en longitude. La répartition très sporadique des Onychophores actuels ne peut s'expliquer que par une réduction du domaine primitif. Nous avons affaire à une faune vestigiale et son évolution spatiale est en toute certitude, régressive. Les Onychophores ont persisté, pour chacune des lignées, en des stations fort éloignées et la faune s'est, dans le sens nord-sud, compartimentée ; en chacun de ces compartiments largement distants les uns des autres, l'évolution morphologique s'est déroulée et a fourni dans chaque lignée, des formes particulières que l'on pourrait qualifier d'endémiques.

Conclusions.

La pauvreté actuelle de la faune des Onychophores (12 genres, 70 espèces environ), la localisation très particulière des divers genres isolés les uns des autres, sont des preuves de leur très grande ancienneté, ce que corroborent la morphologie et l'anatomie de ces animaux. Il ne fait aucun doute que le territoire primitif habité par les ancêtres des Onychophores était plus vaste et s'est progressivement réduit. Cette évolution spatiale régressive s'est accomplie de deux manières.

En premier lieu, si l'on considère la faune dans le sens est-ouest, c'est-à-dire en longitude, on constate que la faune n'a persisté qu'en quelques régions, dont le groupement se fait selon des compartiments (ici au nombre de 3) perpendiculaires à l'Equateur. En chacun de ces domaines résiduels, les formes survivantes ont évolué indépendamment de celles des autres compartiments et, ainsi, donné des genres différents. Les causes de cette segrégation en longitude nous échappent encore ; il semble cependant qu'on puisse invoquer celles qui sont d'origine géologique ou paléogéographique et en particulier l'existence de bras de mer issus de la Mésogée (mer ouralienne en particulier).

En second lieu, puisque de nos jours et dans chacun des com partiments dont nous venons de parler, une bande-frontière existe, séparant deux lignées d'Onychophores morphologiquement distinctes (*Peripatidæ* au nord, *Periptopsidæ* au sud) et qu'au Secondaire déjà, un long géosynclinal mésogéen, pouvait lui aussi, constituer une réelle frontière (barrière) délimitant deux territoires, l'un boréal, l'autre méridional, on peut admettre l'existence fort ancienne de deux lignées d'Onychophores, dont l'une serait septentrionale (par rapport à l'ancienne Mésogée), et l'autre méridionale (ou mieux boréale et australe). Les territoires primitifs habités par ces deux souches se sont considérablement réduits, comme nous le disions ci-dessus, en longitude, mais aussi dans le sens nord-sud, c'est-à-dire en latitude, ce que prouve la position septentrinoale du fossile *Aysheaia*, en une région où ne vivent plus les Onychophores. Mais cette absence peut provenir aussi bien d'un déplacement de faune du nord vers le sud, ce que tenterait de prouver la situation de la frontière actuelle séparant les deux souches de Péripates au sud de l'ancienne Mésogée. Par ailleurs, rien ne s'oppose à l'idée que la faune australe se soit déplacée en sens inverse et, qu'au cours des temps géologiques, une remontée vers le nord d'une faune des continents austraux se soit produite. Ces oscillations faunistiques, dans les deux hémisphères et dans un sens perpendiculaire à l'Equateur, sont vraisemblable-

ment d'origine paléoclimatique et ce que l'on sait des glaciations récentes nous y invite.

En résumé, l'évolution spatiale du territoire primitif habité par les ancêtres de nos Onychophores actuels s'est déroulée, sans conteste, selon un processus régressif. Mais alors que la réduction en longitude a divisé le domaine initial en compartiments indépendants, sans rapports entre eux, la réduction en latitude s'est accompagnée d'un déplacement des faunes dans le sens nord-sud ; ce déplacement est suggéré par l'étude de la frontière séparant actuellement les deux familles d'Onychophores.

Les frontières, en Biogéographie, ne sont pas immuables, ni éternellement infranchissables ; elles se transforment, se déplacent, se succèdent, et c'est au Biogéographe qu'il appartient d'en reconstituer le déroulement au rythme du temps géologique, le balancement et la disparition des frontières et des faunes étant le résultat de phénomènes, de processus complexes, géologiques, tectoniques ou climatiques (1).

L'exemple des Onychophores le souligne et il est tentant d'admettre que ces animaux fort anciens avaient déjà, dès le Primaire, une vaste distribution due à un climat relativement comparable en de multiples régions du globe, ce à quoi conduit aussi l'étude des dépôts sédimentaires d'origine marine.

Marc Vachon.

BIBLIOGRAPHIE

Bouvier (E. L.). — Monographie des Onychophores. *Ann. Sc. nat. Zool.*, t. 2, 1905, t. 5, 1907.

Clark (A. H.). — The present distribution of the *Onychophora*, a group of terrestrial invertebrates. *Smiths. miscel. Coll.*, t. 65, n° 1, 1915.

Cuénot (L.). — Les Onychophores in Traité de Zool. de P.-P. Grassé, t. 6, *Masson édit., Paris*, 1949.

Gravier Ch.) et Fage (L.). — Sur une nouvelle espèce de Péripate du Chili. *Ann. Sc. nat. Zool.*, t. 8, 1925.

Gravier (Ch.) et Fage (L.). — Remarques sur la distribution géographique des Péripates. *C. R. A. F. A. S.*, Grenoble, 1925.

Manton (S. M.). — Studies on the *Onychophora*. *VI. Phil. trans. R. Soc. London*, t. 233, 1949.

Sedgwick (A.). — A monograph on the species and distribution of the genus *Peripatus* (Cuilding). *Quart. J. Micr. Sc. London*, t. 28, 1888.

Zacher (F.). — *Onychophora. Handb. Zool. Kükenthal-Grumbach*, t. 3, 1933.

(1) Ce dont notre Collègue R. Furon, que nous remercions ici de sa documentation, a dressé le tableau dans son livre : La Paléogéographie, *Payot, Edit., Paris*, 1941.

SAVANTS FRANÇAIS EN HOLLANDE

par P. SERGESCU.

Les relations scientifiques franco-hollandaises ont été très étroites au cours des siècles et se sont développées, soit par des contacts personnels, soit par le truchement des ouvrages dont la publication a entraîné la collaboration des savants des deux pays.

Le XVIIe siècle a été une époque où ces contacts scientifiques ont eu le plus d'importance. Des savants hollandais éminents ont vécu en France et ont pris part au mouvement scientifique parisien du siècle de Louis XIV. Il suffit de signaler le long séjour à Paris de Christian Huygens (1629-1695), qui fut un des premiers membres de l'Académie des Sciences de Paris. C'est à Paris que Huygens entreprit l'éducation scientifique de Leibniz, en lui conseillant l'étude des œuvres de Descartes et de Pascal, dont la synthèse créatrice devait aboutir à l'invention du calcul infinitésimal. Signalons encore le séjour à Paris de Hartsoeker (1656-1725), physicien connu, membre de l'Académie des Sciences de Paris.

En même temps, des savants français ont vécu et créé en Hollande. Le plus célèbre parmi eux est sans doute Descartes (1596-1650), dont une très grande partie de sa vie s'est écoulée en Hollande. Mais, à côté de lui, de nombreux autres savants cherchaient en Hollande un climat de liberté intellectuelle propice à la création scientifique, ou bien faisaient des voyages pour connaître et gagner à leurs idées les savants hollandais. Citons, à ce propos, le voyage, en 1629, en Hollande de Pierre Gassendi (1592-1655), un des plus importants créateurs de la structure moderne de la science. Il profita de son séjour en Hollande pour composer sa controverse avec Fludd, où il montrait le danger des explications mystiques dans la science. A la même époque, le fameux Père minime Marin Mersenne (1588-1648), profita de son séjour aux eaux de Spa en 1629-30, pour nouer des relations avec les savants hollandais. A son retour de Hollande, il eut même certaines difficultés à Anvers. Instruits de ses relations scientifiques avec des savants hérétiques, les Anversois firent un bien mauvais accueil au savant minime. On parla même de prison. Mersenne ne se remit de ses émotions qu'à Paris.

Le séjour de Descartes en Hollande a une importance bien plus grande. L'illustre auteur du *Discours de la méthode* se trouve en Hollande en 1617-19 dans les armées de Maurice de Nassau. A

Breda il fit la connaissance de Isaac Beekmann qui venait de publier un défi à tous les mathématiciens du monde, en leur demandant la solution d'un problème de géométrie. Descartes résolut le problème en 24 heures. Ce fut le début d'une longue amitié, non dépourvue d'orages ,entre les deux savants. De retour en France en 1625, après avoir voyagé en Allemagne, Hongrie, Suisse, Italie, Descartes se trouve mal à l'aise à Paris, où il se cache pour éviter les importuns. Le souvenir de la liberté intellectuelle et de la tranquillité dont il jouissait en Hollande le fit revenir en 1629, dans ce pays pour y vivre presque sans interruption jusqu'à son départ fatal, en 1649, en Suède. Descartes ne gardait plus le contact avec les savants parisiens que par l'intermédiaire du Père Mersenne. C'est en Hollande que Descartes écrivit ses chefs-d'œuvre scientifiques, et philosophiques. C'est là qu'il se fit des amis dévoués, comme Constantin Huygens, le père de Christiaan, Renerius, Waeessenaer, Hooghelgud. Le premier exposé systématique de la Géométrie Analytique parut en 1637 comme annexe au Discours de la Méthode, en français. Les idées nouvelles de Descartes ne se répandirent pas tout de suite. Il y avait des points mal expliqués pour les lecteurs. Or, la diffusion foudroyante de la nouvelle géométrie est due en grande partie à l'édition latine de cette œuvre, avec force commentaires et explications, faite par un professeur de Leyde, François Schooten (1620-1661). La première édition de cette version latine parut en 1649. Elle fut suivie, en 1659, d'une magnifique nouvelle édition, augmentée d'opuscules de plusieurs savants français et hollandais, qui expliquaient la méthode analytique et attiraient l'attention sur sa haute valeur pour les investigations géométriques. A côté des commentaires excellents de Schooten sur la méthode cartésienne, on y trouve un travail d'un autre ami de Descartes, de Beaune (1601-1652), sur les limites des racines des équations algébriques. Van Heuraet (né en 1615) y donne des notes sur le calcul de la longueur des courbes. Hudde (1640-1704) applique la méthode cartésienne à la réduction des équations algébriques. De Witt (1625-1672) donne la première étude systématique des coniques à l'aide de la méthode analytique. Tous ces travaux devaient montrer la fécondité de la méthode de Descartes et, donc, entraîner le triomphe rapide de la géométrie analytique. On ne doit pas oublier que l'édition de Schooten de la *Géométrie*, a contribué largement à ce succès. D'ailleurs, le rôle de Schooten dans la diffusion des œuvres mathématiques françaises ne s'est pas borné à la géométrie de Descartes. La science doit à Schooten l'unique édition d'ensemble des œuvres principales du grand algébriste François Viète (1540-1603). Cette édition parut à Leyde en 1646.

Au XVIIe siècle, pas moins de vingt savants français ont enseigné comme professeurs dans les universités hollandaises. Parmi eux, nous allons retracer la vie curieuse de Pierre Bayle (1647-1706), un des précurseurs du scepticisme qui devait caractériser le siècle des lumières. Il disait de lui-même qu'il était protestant, donc qu'il protestait contre toutes les sectes religieuses sans exception. Professeur à Sedan en 1675, il quitte la France en 1681 pour obtenir une chaire de philosophie et d'histoire à Rotterdam, chaire qu'il doit quitter en 1696, à la suite des démêlés avec Jurieu. Il continue néanmoins à vivre et travailler en Hollande. Il a exercé une très grande influence par sa revue encyclopédique *Les Nouvelles de la République des Lettres* (mars 1684-mars 1687). La première revue scientifique encyclopédique avait été créée à Paris en 1665 par Denis de Salo (1626-1669). Ce fut le *Journal des Savants*. Il correspondait à des besoins nouveaux et réels du public cultivé qui ne pouvait plus se tenir au courant du flot envahissant des publications scientifiques et qui demandait une sorte de guide intellectuel et d'élément unificateur dans la diversité croissante de la création scientifique. Le succès du *Journal des Savants* fut très grand et suscita de nombreuses imitations en Allemagne, Italie, etc... Le journal de Bayle s'insère dans ce mouvement de publications périodiques. Il se caractérise par la hardiesse des jugements de l'auteur et il a exercé une forte influence sur ses contemporains. Rappelons encore, parmi les autres œuvres de Bayle son ouvrage sur la *Comète*, en 4 volumes, commencé à Sedan et terminé à Rotterdam (1681), et son *Dictionnaire historique* qui souleva de vives controverses. L'édition de 1720 en est la plus répandue.

A partir du XVIIIe siècle le nombre des professeurs français en Hollande a été plus restreint. Néanmoins on peut compter dix savants français ayant enseigné dans les Universités néerlandaises depuis 1700. A côté d'eux, d'autres savants étrangers illustres ont collaboré à cet enseignement, comme, par exemple, Jean Bernoulli (1667-1748), un des fondateurs du calcul infinitésimal. Il en enseigna à Paris les principes au marquis Guillaume de l'Hôpital, qui fut l'auteur du premier traité de cette discipline paru au monde, en 1696. Jean Bernoulli fut pendant plusieurs années professeur à l'Université de Groningue.

Des professeurs français ont enseigné de tout temps dans les Universités néerlandaises, à partir du XVIe siècle. Un grand pourcentage de ces professeurs étaient des théologiens réformés, ce qui est explicable, car ils trouvaient en Hollande la liberté religieuse. Les professeurs des sciences et de médecine sont relativement moins nombreux. Voici un exemple, l'Université de Leyde a eu

21 professeurs français, dont 8 à la Faculté de Théologie, 2 aux Facultés des Arts, des Lettres et de Philosophie, 3 à la Médecine, 2 au Droit (Les sciences font partie de la Faculté de Philosophie.) Je dois à l'amabilité du Dr B. A. van Proosdij la liste complète des Français ayant enseigné à l'Université de Leyde. La voici. (La liste contient, entre parenthèses, le lieu et la date de naissance, ensuite le nom latin du professeur, la spécialité et les années de l'enseignement.)

1) du Ban François (Autun, 1592). *Philosophie*, 1635-1643.
2) D. Le Bouldier (Lille). *Philosophie et Droit*, 1603-1613.
3) Jacques Bernard (Nions, 1698). *Médecine*, 1705-1718.
4) Frank de la Boe Sylvius (Hanau, 1614). *Médecine*, 1658-1672.
5) Jean Botté Botesius di Grandivilla (1610). *Philosophie*. 1643-1644.
6) Jules-Marc Buffin (Lyon. 1876). *Littérature française* (1928-1950).
7) Louis la Capelle (Paris, 1534). *Théologie*, 1575.
8) Ch. Clusius, de l'Ecluse (Anecht, 1526). Médecine (?), 1593-1609.
9) L. d'Anneau, Danaeus (Beugency-sur-Loire). *Théologie*, 1581-1582.
10) Hugo Doneau, Donelus (Chalon-sur-Saône, 1527). *Droit*, 1579-1607.
11) Ch. Drelincourt (Paris, 1633). *Médecine*, 1669-1697.
12) G. de Fougerays, Feugereus (Rouen). *Théologie*, 1575-1579.
13) Jacques Gaillard. *Théologie*, 1667-1688.
14) Pierre Jarrige, Jarrigius (Tulle, 1606). *Réthorique*, 1649-1650.
15) du Lon, Lunius (Bourges, 1545). *Théologie*, 1592-1602.
16) Dumoulin (Vexin, 1568). *Philosophie*, 1593-1598.
17) le Moyne (Caen, 1624). *Théologie*, 1676-1689.
18) Fr. Raulinghien (Lanoy, 1539). *Hébreu*, 1586-1587.
19) André Rivet (St-Maxent). *Théologie*, 1620-1632.
20) Claude de Saumaise, Salmasius (Semur-en-Auxois, 1598). *Théologie*, 1632-1653.
21) Joseph Scaliger (Agen, 1540). *Latin*, *Histoire*, 1593-1609.

La tradition des professeurs français en Hollande s'est gardée jusqu'à nos jours. Il y a environ un quart de siècle, M. Arnaud Denjoy (né en 1884), enseignait à l'Université d'Utrecht les mathématiques. Il est certainement un des éléments de l'expansion de la théorie des fonctions de variables réelles aux Pays-Bas.

Avant de terminer ce bref coup d'œil, nous devons dire quelques mots sur les publications faites en Hollande par des savants français. Dès le XVIe siècle, il y avait en Hollande des imprimeries célèbres comme Elzévir et leurs successeurs. Ces imprimeries publiaient beaucoup et dans des conditions excellentes, ce qui entraînait l'afflux d'œuvres françaises. Mais il y avait une circonstance plus importante encore : la censure qui existait en France au XVIIe siècle déplaisait à bien des auteurs qui préféraient publier leurs livres librement en Hollande. Ce cachet de liberté intellec-

tuelle qui caractérisait les publications néerlandaises faisait qu'on les recherchait beaucoup. A ce sujet il est bon de signaler que le *Journal des Savants* de Paris, eut bientôt une édition à Amsterdam, très recherchée parce qu'elle ne tenait pas compte de la censure. Bien entendu, le journal de Paris criait au scandale et à la falsification. Néanmoins il est probable que les auteurs censurés à Paris envoyiaient leurs manuscrits aussi à l'édition d'Amsterdam. Ceci causait parfois des embarras au journal de Paris, d'où des polémiques. En voici un exemple : le 15 décembre 1681, le journal d'Amsterdam publiait intégralement une étude de l'abbé de Catelan, qui critiquait la théorie du centre de balancement de Huygens. Le journal de Paris avait inséré une note assez insignifiante. Or Huygens réclama à Paris contre les écrits d'Amsterdam. Il s'ensuivit dans le journal de Paris pour 1682 une explication où l'on parlait de la « friponnerie de certain libraire d'Amsterdam » qui avait remplacé des textes imprimés à Paris par le manuscrit de Catelan. Cette mise au point, pp. 199-200, est suivie, pp. 200-202, d'une intervention de Huygens lui-même. Ce qui prouve que de Catelan avait envoyé son texte à Amsterdam, c'est le fait qu'il essaye de soutenir, pp, 224-227, ses opinions. Ce petit incident nous montre combien étroites étaient à cette époque les relations scientifiques franco-hollandaises, puisque même les polémiques entre parisiens pouvaient être alimentées à Amsterdam.

De nos jours, la création scientifique est répartie dans tous les pays du monde. Les liens séculaires qui unissent les savants français à la Hollande en sortiront encore plus resserrés.

P. Sergescu.



LES LIVRES

Dr François BOURLIÈRE, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris. — **Le Monde des Mammifères** - Horizons de France : Paris. — In-4°, 224 pages, 16 pl. en couleurs, 96 pl. héliogravure. 2.950 francs.

C'est un magnifique livre d'images que nous apporte le professeur agrégé Bourlière, mais d'images vivantes choisies avec soin, qui, de la banquise aux tropiques, ont saisi dans leur milieu naturel des représentants des Mammifères sauvages. Ce sont des documents écologiques d'une valeur exceptionnelle pour les naturalistes, mais c'est aussi un véritable ouvrage d'art qui intéressera et émerveillera tous les lecteurs curieux de mieux connaître les modes de vie et les adaptations des animaux qui, par leur organisation, sont les plus proches de l'homme.

L'ouvrage comprend 7 chapitres. 1. — Unité et diversité des Mammifères ; 2. — Les Mammifères forestiers des tropiques ; 3. — De la savane au désert ; 4. — Les Mammifères des forêts et prairies tempérées ; 5. — Les Mammifères du Grand Nord ; 6. — Les Mammifères de montagne ; 7. — Les Mammifères aériens et aquatiques.

Il convient de féliciter vivement M. Bourlière d'avoir accompli cette admirable synthèse de zoologie biogéographique et les éditeurs d'avoir réalisé un tel ouvrage.

J. VERNE.

BURGESS (E.). — **Rocket Propulsion** with an introduction to the idea of interplanety travel. (La propulsion par fusée.) — Un vol. 235 p., Chapman et Hill Edit., London, 1954. Prix : 21 sh.

Cet ouvrage donne un exposé très documenté et remarquablement intéressant sur l'état actuel des réalisations techniques dans le domaine de la propulsion par fusée en dehors naturellement des recherches à but militaire tenues secrètes.

Après un aperçu général sur le principe de la propulsion par fusées, M. E. Burgess étudie en détail les combustibles utilisables et les rendements thermiques et mécaniques correspondants, les mécanismes moteurs ; tuyères propulsives et rendements, matériaux utilisables pour leur réalisation, les mécanismes auxiliaires, les réservoirs à combustibles, l'approvisionnement des réacteurs, les problèmes posés pour la direction et le contrôle du vol, les problèmes particuliers posés pour la réalisation de fusées à grande portée.

La possibilité de l'utilisation des fusées pour les voyages interplanétaires fait l'objet d'une étude approfondie : choix des trajectoires, choix du combustible, approvisionnements et équipements nécessaires, possibilité d'utilisation future de l'énergie atomique.

Des appendices rassemblent les développements mathématiques écartés du texte et un historique des travaux sur les fusées et le mouvement pour les voyages interplanétaires en Grande-Bretagne. De très nombreuses photographies donnent des vues remarquables sur le vol des principaux types de fusées rendus publics.

G. PETIAU.

Arnaud DENJOY. — Mémoire sur la dérivation et son calcul inverse. — Un vol. 16 ×25 de 236 p. Gauthier-Villars, Paris, 1954. Prix :

Cette publication s'imposait, car elle offre au public mathématique les méthodes dont l'auteur a eu besoin pour accomplir son extension décisive de l'intégrale, qui prélude aux recherches les plus récentes sur les fonctions réelles, la Topologie, les solutions des équations aux dérivées partielles.

Le rôle du transfini dans l'œuvre de Denjoy a été évoqué dans les n°s 3-4 (1954) de la Revue. Elle représente un des aspects les plus vigoureux, les plus neufs aussi, de l'analyse mathématique actuelle : d'où la décision prise par le C. N. R. S. de mettre son travail originel à la disposition des chercheurs.

G. BOULIGAND.

EINSTEIN (A.). — La Théorie de la Relativité restreinte et générale. Exposé élémentaire. — La relativité et le problème de l'espace. — Traduit de l'allemand par Solovine. — Un vol in-8°, 180 p., 1954, Gauthier-Villars Edit. **Prix : 1.300 francs.**

L'ouvrage bien connu d'A. Einstein : « Ueber die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie », bien que déjà ancien, constitue l'une des meilleures introductions aux théories de la relativité restreinte et généralisée. M. Solovine en donne aujourd'hui au lecteur français une traduction nouvelle d'après le texte de la quatorzième édition allemande, en le faisant suivre de la traduction d'une étude originale écrite par A. Einstein en 1953 sur « la relativité et le problème de l'espace ».

Le premier texte : « La théorie de la relativité restreinte et générale » est divisé en trois parties. La première partie : « Théorie de la relativité restreinte » expose d'une façon élémentaire à partir d'exemples concrets comment l'analyse des notions d'espace, de temps, de simultanéité conduit le physicien à l'adoption nécessaire de la cinématique de la relativité restreinte. La seconde partie : « Théorie de la relativité générale » montre comment la recherche de l'origine du champ gravifique conduit à rattacher ce champ à l'existence d'une structure de l'espace physique déterminée par la présence de la matière.

La troisième partie : « Réflexions sur l'univers considéré comme un tout » donne quelques brèves indications sur la solution proposée par la relativité générale au problème de la détermination de la structure globale de l'espace.

Le second texte : « La relativité et le problème de l'espace » soumet à un examen approfondi les notions d'espace et de temps. M. A. Einstein montre ensuite les modifications à ces notions apportées par la théorie de la relativité générale, et termine par quelques réflexions sur la valeur des théories basées sur la notion de champ.

G. PETIAU.

R. C. EVANS. — Chimie et Structure cristalline, traduction J. BARDOLLE. — Un vol. relié, 331 + VI pages, 24 × 16 cm., Dunod édit., Paris, 1954.

Il existe à l'heure actuelle un certain nombre d'excellents ouvrages dans lesquels sont décrits les structures cristallines d'un nombre considérable de substances cristallisées. Aussi dans son livre (dont le titre anglais est : **Cristallochimie**), R. C. Evans ne s'est pas placé à un point de vue purement descriptif, mais a cherché à donner l'interprétation des structures cristallines et à étudier leurs relations avec les propriétés physiques et chimiques. On conçoit le grand intérêt que présente un livre écrit dans cet esprit. En effet, comme l'indique l'auteur dans la Préface, on a étudié un nombre important de corps fort divers et il a été possible d'en déduire certains principes généraux concernant l'architecture cristalline ; c'est pourquoi dans son ouvrage l'auteur a cherché avant tout une étude critique de

l'ensemble des résultats obtenus et essayé en même temps de codifier quelques-uns des principes. La matière de cette étude est évidemment très vaste, puisque les rapports de la chimie et de la structure cristalline recouvrent des aspects qui relèvent aussi bien du domaine du chimiste que de ceux du physicien, du métallurgiste, du géologue et même du biologiste. Mais l'auteur a bien plus cherché à mettre en valeur les applications des principes généraux de la cristallochimie qu'à décrire les résultats d'une façon si détaillée qu'elle s'adresserait davantage au spécialiste. C'est pourquoi il n'a pas décrit un très grand nombre de structures cristallines, mais seulement celles qui paraissent le mieux illustrer les principes qu'il a voulu dégager dans ce livre. Dans ces conditions on peut être certain que l'excellente traduction de M. J. Bardolle obtiendra auprès des lecteurs de langue française le même succès qu'a obtenu l'ouvrage original de R. C. Evans auprès des lecteurs de langue anglaise.

Dans une première partie consacrée au réseau cristallin sont étudiés les différents types de liaisons interatomiques et la théorie quantitative du réseau cristallin. La seconde, et la plus importante partie, de l'ouvrage comprend les chapitres suivants : les éléments métalliques, les alliages, les composés homopolaires, les composés ioniques (structures isodesmiques, structures mésodesmiques et structures anisodesmiques), les composés ioniques contenant de l'hydrogène et enfin les composés moléculaires. Le livre se termine par une bibliographie des nombreux ouvrages traitant de structure cristalline.

Le livre est fort bien édité et présenté ; les figures sont très claires et de dimensions convenables (et pas trop réduites comme cela se rencontre parfois dans certains ouvrages édités en France). Tout au plus pourrait-on faire une seule réserve à ce sujet : elles est relative à la figure 34 (p. 129), d'un aspect peu agréable.

P. LAFFITTE.

A. FOUILLÉ. — Physique des vibrations à l'usage des ingénieurs. — Préface de Y. Rocard. — Un vol. 18-546 p., 16 × 25, Paris, 1954, Dunod Edit. Prix : 4.800 ou 5.400 francs.

Cet ouvrage développe le cours exposé par l'auteur depuis de nombreuses années à de futurs ingénieurs des Arts et Métiers (E. N. I. A. M. d'Angers). Il rassemble à côté des développements théoriques indispensables un très grand nombre d'exemples pratiques et d'applications numériques prises dans les acquisitions les plus modernes de la technique.

L'ouvrage est divisé en quatre parties.

La première partie : étude générale des mouvements vibratoires, examine successivement le mouvement sinusoïdal, les oscillations pendulaires et les oscillations de relaxation, les oscillations forcées, les méthodes d'enregistrement des mouvements vibratoires, les phénomènes associés à la propagation des ondes, les phénomènes d'interférences et d'ondes stationnaires. La seconde partie expose des notions d'acoustique ; nature, qualités et sources des sons, propriétés des infrasons et des ultrasons, applications acoustiques, enregistrement et reproduction du son. La troisième partie est consacrée à l'optique physique : étude générale et applications des interférences des ondes lumineuses, phénomènes de diffraction et réseaux, polarisation de la lumière, dispersion et spectroscopie. La quatrième partie expose la physique des radiations : absorption et réflexion des rayonnements, phénomènes photoélectriques et photochimiques, récepteurs et détecteurs de radiations, étude des rayonnements infrarouge, ultraviolet, X et gamma, ondes matérielles, rayonnement des corps noirs et non noirs, pyrométrie, éclairage par incandescence et éléments de photométrie.

Une série de problèmes (avec réponses séparées) complète cet important ouvrage.

G. PETIAU.

GAMOW (G.). — M. Tompkins explore l'atome. — Traduit par G. Guéron. — Un vol. 120 p., 1954, Dunod édit. Prix : 440 francs.

Dans cet ouvrage le physicien G. Gamow présente sous forme humoristique, une série d'exposés de vulgarisation scientifique sur quelques-unes des grandes théories de la physique moderne : la croissance de l'entropie et le démon de Maxwell, la théorie électronique des atomes et la liaison chimique, les phénomènes de matérialisation et de dématérialisation des paires électron-position, la constitution des noyaux atomiques et les phénomènes nucléaires.

De nombreuses illustrations, des anecdotes imagées rendent la lecture de ce livre attrayante et en font un des meilleurs ouvrages de vulgarisation sur la physique moderne à la portée du plus grand public.

G. PETIAU.

GAMOW (G.). — La Création de l'univers. — Traduit par G. Guéron. — Un vol. 176 p., 1954, Dunod Edit. Prix : 540 francs.

L'illustre physicien et cosmogoniste G. Gamow donne dans ce petit livre une vue claire et imagée, à la portée du plus grand public, des hypothèses que l'on admet aujourd'hui sur l'origine et les conditions de la formation et l'évolution de l'univers. Il montre comment l'on arrive par des voies concordantes à évaluer les âges de la terre, du soleil et des étoiles et par l'hypothèse de l'expansion de l'univers à rattacher la répartition et les mouvements actuels des astres à une origine commune. La physique nucléaire permet de comprendre la formation des atomes et de justifier théoriquement au moins, d'une façon approximative, les abondances relatives des éléments dans l'univers. Les théories de la condensation de la matière permettent d'expliquer la formation des galaxies, des étoiles et des planètes. L'observation des étoiles conduit à se représenter les processus de leur évolution et les destinées futures de l'univers.

De très belles illustrations, de nombreuses images et anecdotes humoristiques augmentent l'attrait de cet ouvrage de vraie vulgarisation.

G. PETIAU.

GUILLIEN (R.). — Electronique. I. Tubes électroniques à vide - Amplificateurs. — Collection « Euclide». — Un vol. VIII-336 p., Paris, 1954, Presses Universitaires de France Edit. Prix : 2.000 francs.

Dans cet ouvrage, M. Robert Guillien, Directeur de l'Institut de Physique de l'Université de la Sarre, présente une excellente mise au point destinée aux étudiants de physique des Facultés des Sciences et aux élèves-ingénieurs, sur la théorie et les conditions de fonctionnement des tubes électroniques.

Le premier tome que nous examinons ici est divisé en deux parties. La première partie rassemble les notions d'électricité générale et de mathématiques indispensables à l'étude des tubes électroniques : théorie générale des circuits dans les cas de tensions et courants, soit indépendants du temps, soit variables d'une façon quelconque avec le temps, soit périodiques, propriétés générales des séries et intégrales de Fourier, transformation de Laplace, introduction en électricité d'éléments non linéaires. - La seconde partie étudie en détail les tubes thermoioniques à vide : propriétés générales des appareils électroniques, émission thermoionique dans le vide, triodes et tubes à plusieurs électrodes, amplificateurs basse fréquence de tension ou de puissance, contre-réaction et conditions de stabilité des systèmes linéaires, amplificateurs spéciaux, amplificateurs haute fréquence de tension ou de puissance.

G. PETIAU.

JAOUL (Bernard). — Contribution à l'étude de la déformation plastique. — Préface de C. Crussard. — Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air, n° 290. — Un fasc, 86 p., Paris, 1954.

Une étude détaillée des conditions de la déformation plastique, basée sur une analyse précise de la forme des courbes de traction de l'aluminium et de ses alliages conduit l'auteur à considérer trois domaines de déformation : 1°) un domaine élastique ou anélastique où il y a proportionnalité entre allongement et tension ; 2°) un premier domaine de plasticité où la tension σ est liée à l'allongement ε par une équation de la forme $\sigma = \sigma_0 + A\,\varepsilon^m$; ($m > 0{,}5$) ; 3°) un second domaine de plasticité où $\sigma = \sigma'_0 + B\,\varepsilon^n$, ($\sigma_0$ négatif, n négatif ou positif généralement petit). Il y a donc dans le domaine plastique succession de deux phénomènes avec une variation brusque de la courbure des courbes de traction pour un point de transition caractérisé par la concentration en atomes étrangers. L'existence de ce point de transition peut être justifiée par diverses hypothèses sur le rôle des impuretés au cours de la déformation. M. Jaoul étudie également les déformations transversales d'éprouvettes creuses déformées par traction, et donne notamment une explication des contraintes de consolidation par l'introduction de tensions transversales fictives convenables.

G. PETIAU.

H. LABORIT. — Résistance et soumission en physio-biologie « L'Hibernation artificielle ». — Un vol. 15 × 23 de 120 p., 4 fig. Coll. **Evolution des Sciences.** Masson et Cie, 120, boulevard Saint-Germain, Paris (6ᵉ). Prix : 650 francs.

Après avoir rappelé les notions d'homéostasie bien analysées par Cannon dans son célèbre livre « La Sagesse du Corps », Laborit montre en s'inspirant des idées de Schrödinger que la vie est un équilibre précaire entre le désordre et l'ordre, le désordre moléculaire, libérateur d'énergie compensé par un retour à l'organisation ordonnée de la matière, c'est-à-dire équilibre entre le catabolisme et l'anabolisme. A une grande intensité vitale correspondront des phénomènes cataboliques et anaboliques intenses. Si un facteur externe, le froid, par exemple, diminue l'intensité vitale, les deux processus seront également diminués. Et l'on devine intuitivement que ce qu'un organisme perd en intensité vitale par le froid, il le gagne en durée ; le froid prolonge la vie cellulaire.

Les Vertébrés supérieurs, grâce à leurs propriétés homéostatiques et surtout à la régulation thermique, acquièrent une autonomie relative par rapport au milieu. Cette indépendance est solidaire des mécanismes cataboliques producteurs d'énergie qui, eux-mêmes, sont équilibrés par un anabolisme convenablement adapté. Si l'agression est violente, les processus cataboliques prédominent ; le déséquilibre entraîne la mort. La vie est un phénomène rythmé ; toute libération d'énergie est suivie normalement d'une phase de récupération.

L'amplitude des réactions homéostasiques est variable suivant les espèces et selon l'âge des individus. Le prématuré humain est un hétérotherme sans régulation physique et sans régulation chimique ; le nouveau-né à terme possède la régulation chimique, mais il n'a pas encore acquis la régulation physique ; il est un homéotherme imparfait. Le vieillard a tous les systèmes de régulation, mais leur fonctionnement est restreint.

De cet ensemble, se déduit la notion de maladie : c'est une réaction organique au cours de laquelle l'équilibre entre catabolisme et anabolisme est rompu, au profit du catabolisme ; les phénomènes vitaux obéissent alors aux lois qui régissent la matière et qui tendent au nivellement thermodynamique. La maladie apparaît alors comme une construction de l'organisme vivant, un résultat de notre évolution.

La douleur traduit l'expression de la lutte pour le rétablissement de l'équilibre intérieur. La mort, au sens médical, correspond à l'arrêt du

fonctionnement des processus de régulation ; la mort biologique, plus tardive, se caractérise par le retour de l'organisme à l'état de matière inorganisée. La distinction est importante ; on peut concevoir une vie très ralentie qui simulerait une mort, sans mort biologique réelle.

Tous ces phénomènes offrent-ils des applications thérapeutiques ? Il faut tout d'abord se souvenir que la vie est un état dynamique et qu'aucune thérapeutique ne saurait être statique. Le catabolisme prédomine pendant la veille, l'anabolisme pendant le sommeil ; il serait absurde d'administrer un agent catabolisant pendant la nuit ; la thérapeutique doit se plier au rythme nycthéméral et à tous les autres rythmes.

Puis Laborit expose ses recherches poursuivies depuis 10 ans. Sous l'action d'un « cocktail lytique » bloquant la transmission et l'action de l'influx nerveux végétatif, il obtient une anesthésie potentialisée au anesthésie sans anesthésiques. L'état de vie ralentie ainsi provoqué rappelle celui des hibernants. D'où l'idée d'accentuer l'hypométabolisme en utilisant le froid.

La neuroplégie ou anesthésie potentialisée par blocage neuro-endocrinien, protège l'organisme contre le syndrome réactionnel à l'agression ; l'hypothermie détermine la réduction de l'intensité des processus vitaux. L'hibernation artificielle comprend donc une neuroplégie associée à une réfrigération active ou spontanée. La vie ralentie ainsi créée, permet à l'individu de supporter de graves agressions. Les méthodes d'hibernothérapie sont susceptibles de s'appliquer à toutes les disciplines médico-chirurgicales.

Le présent volume répondant à l'esprit de la nouvelle collection « l'Evolution des Sciences », intéressera à la fois le spécialiste et le public informé ; son sujet soulève des problèmes variés, parfois à résonance philosophique. Malgré la simplicité fort appréciable de la forme, la pensée de l'auteur n'est pas toujours facile à suivre.

André TÉTRY.

Ph. LE CORBEILLER. — Analyse matricielle des Réseaux électriques. — Traduit de l'anglais par G. Lehr, Dunod, Paris, 1954, 124 pages, 49 figures. Préface de l'édition française par A. MAUDUIT.

Une des contributions les plus importantes qui aient été apportées à l'étude des réseaux électriques est, sans contredit, l'application qu'a faite Gabriel Korn des tenseurs à l'analyse des machines tournantes : il a montré qu'une seule et même équation tensorielle pouvait s'appliquer à tous les types de machines que l'on pouvait imaginer, en y comprenant, comme cas particulier, les réseaux électriques. Dans ce petit ouvrage, M. Le Corbeiller, tout en conservant les formules fondamentales de Kron, a modifié l'exposé de sa théorie pour le mettre à la portée des ingénieurs et des techniciens non spécialisés au calcul tensoriel.

La traduction de M. Lehr est excellente. M. PARODI.

J. LECORGUILLIER. — Les redresseurs en simple alternance. — Editions Eyrolles (Collection Technique et Scientifique du C. N. E. T.), 158 pages.

Spécialement rédigé à l'intention des fabricants et des utilisateurs d'éléments redresseurs, cet ouvrage constitue une excellente étude des circuits d'utilisation courants (débit sur résistance et sur résistance et f. c. e. m. ; débit sur self et sur self de résistance, etc...). Les multiplicateurs de tension et l'étude de quelques problèmes spéciaux concernant les redresseurs en simple alternance font l'objet des derniers chapitres.

Enfin, soixante-dix abaques constituent un outil particulièrement pratique, épargnant l'usage de formules mal commodes.

M. PARODI.

Paul LÉVY. — Théorie de l'addition des variables aléatoires. — Fasc. I de la Coll. Em. Borel : Monographies des probabilités. — Un vol. 16 × 25 de 380 p., 2e édit., Paris, 1954. Prix : 4.500 francs.

La première édition de ce livre, paru en 1937, avait été déjà complétée par l'ouvrage du même auteur : **Processus stochastiques et mouvements browniens** (1948). Dans l'actuelle seconde édition, est remis à jour, d'après les travaux de l'auteur, de H. Cramer, de Khintchine, de M. Loève, l'exposé concernant l'arithmétique des lois indéfiniment divisibles. Il convient aussi de signaler, outre une démonstration rénovée de la formule d'inversion relative à l'intégrale Fourier-Stieltjes, deux notes finales. La première précise les théorèmes connus sur les lois de grands nombres et notamment celle de Gauss, la seconde revient, à la suite d'un livre récent de Doob, sur la théorie des processus stochastiques.

G. BOULIGAND.

MARSH W. WHITE et KENNETH V. MANNING. — Experimental College Physics. — Mac Graw Hill, New York, 1954, troisième édition, 350 pages.

Dans cette troisième édition d'un ouvrage qui fut très favorablement accueilli dans les pays anglo-saxons, les auteurs décrivent les expériences essentielles qui doivent accompagner tout enseignement de la physique dans les collèges. Les matières traitées sont celles qu'abordent les programmes des classes qui, en France, préparent au baccalauréat. Bien documenté, abondant en schémas de toute nature, complété par d'utiles tableaux numériques, cet ouvrage intéresse tous ceux qui ont la charge d'enseigner la physique expérimentale.

M. PARODI.

Centre belge de recherches mathématiques. — Colloques de Bruxelles-Louvain : a) sur les équations de plusieurs variables (11-14 mars 1953) ; **b) sur les équations aux dérivées partielles** (17-19 décembre 1953). — Masson, 1953. Deux vol. 16 × 25 de 128 p. (prix : 1.800 fr.) et 156 p. (prix : 1.400 r).

Ces deux colloques, enrichis par les apports d'éminents mathématiciens permettent de mesurer l'impulsion très efficace que MM. Lucien Godeaux et Florent Bureau ne cessent de donner à l'Ecole mathématique belge.

Le premier a eu pour objet les fonctions de plusieurs variables complexes, dont l'étude constitue une extension de la théorie des fonctions algébriques, inséparable de la géométrie algébrique. C'est souvent à la jonction des procédés d'inspiration géométrique et des procédés d'analyse pure que se font les progrès les plus utiles. Or il y a eu là, semble-t-il, un souci commun tant à F. Severi, qu'à nos compatriotes H. Cartan, P. Lelong, J. P. Serre, aussi bien qu'à K. Stein. Et il semble que le meilleur de l'attention se porte sur les **variétés analytiques complexes** (ou plus spécialement : les variétés algébriques) que sur telle classe de fonctions. Cela sans exclure les travaux voués à l'extension, pour le cas de plusieurs variables, de résultats concernant le cas d'une seule. On apprécie en outre, grâce à S. Bergmann, le pouvoir d'enrichissement qu'ont ici les opérations linéaires, introduites à titre très général.

Le second colloque a contribué, grâce à Mme Fourès-Bruhat, Th. Lepage, P. Gillis et R. Sauer, à porter l'attention vers les problèmes non-linéaires en théorie des équations aux dérivées partielles. Mais l'intérêt des problèmes linéaires n'en subsiste pas moins en des recherches très actuelles de A. Lichnérowicz, J. Delsarte et G. Doetsch.

En définitive, voici pour l'orientation des chercheurs, deux publications magistrales, dont chacune a été placée en zone d'intense progrès.

G. BOULIGAND.

Dépôt légal 4e trimestre 1954 : n° 5553 Le Gérant : R. CONSTANS
Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 4531 - 12-54.